



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

**HODNOCENÍ KVALITY BICÍHO MECHANISMU
KULOBROKOVÉ KOZLICE**

EVALUATING THE QUALITY OF COMBINATION GUN'S FIRING MECHANISM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jana Šulková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Matej Harčarík

BRNO 2019

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Studentka: **Bc. Jana Šulková**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Vedoucí práce: **Ing. Matej Harčarik**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Hodnocení kvality bicího mechanismu kulobrokové kozlice

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student na základě experimentu a měření geometrie otisků zápalníku na nábojnicích navrhne kritéria pro hodnocení, příp. opatření pro zlepšení kvality bicího mechanismu kulobrokové kozlice.

Cíle diplomové práce:

Analýza funkce bicího mechanismu.
Návrh kritérií pro hodnocení kvality bicího mechanismu.
Měření a analýza zvolených kritérií.
Doporučení pro praxi.

Seznam doporučené literatury:

FIŠER, M., LIPTÁK, P., PROCHÁZKA, S., MACKO, M., JOZEFEK, M.: Automatické zbrane. Konštrukcia skúšanie - 1. vyd.. 2006. Trenčín: Trenčianska univerzita A. Dubčeka v Trenčíne, ISBN 80-8075-089-0, 263 s.

FIŠER, Miloslav a Stanislav PROCHÁZKA. Projektování loveckých, sportovních a obranných zbraní. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1430-8.

LEACH, Richard, ed. Optical measurement of surface topography. Berlin: Springer, 2011. ISBN 978-364-2120-114.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práca sa zaoberá hodnotením kvality bicieho mechanizmu pre guľovú hlavň guľobrokovvej kozlice Brno Combo. Obsahuje návrh kritérií na hodnotenie kvality bicích mechanizmov. Ďalej sa sústreďí na využitie merania deformácie zápaliek ako prostriedku posúdenia kvality bicieho mechanizmu. Na základe merania Focus Variation mikroskopom boli analyzované rôzne geometrické parametre odpálených i zlyhaných zápaliek. Výsledky meraní boli spracované analýzou rozptylu a regresnou analýzou. Na základe výstupov týchto analýz boli formulované odporúčania pre prax a návrhy pre ďalší výskum.

ABSTRACT

This Master's thesis deals with evaluation of quality of Brno Combo combination rifle shotgun rifled barrel's firing mechanism. It contains a proposal of criteria for evaluation of quality of firearm firing mechanisms. It further focuses on using measurement of primer deformation as a means of assessing the quality of a firing mechanism. Based on measurements made using a Focus Variation microscope, various geometrical parameters of fired and failed primers were analysed. The measurement results were processed using ANOVA and regression analysis. Based on output of these analyses, practical recommendations and further research proposals were formulated.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

Bicí mechanizmus, guľobroková kozlica, zápalka, Focus Variation.

KEYWORDS

Firing mechanism, over-under rifle-shotgun, primer, Focus Variation.

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

ŠULKOVÁ, Jana. *Hodnocení kvality bicího mechanismu kulobrokové kozlice*. Brno, 2019. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedúci práce Matej Harčarík.

POĎAKOVANIE

Na tomto mieste by som chcela poďakovať vedúcemu diplomovej práce Ing. Matejovi Harčarikovi za odborné rady a čas strávený pri konzultovaní tejto práce. Ďalej chcem poďakovať Zbrojovke Brno s.r.o za možnosť vypracovať prácu a Ing. Vítězoslavovi Vespalcovi za odborné konzultácie a podklady. Moje poďakovanie patrí aj ďalším zamestnancom Zbrojovky za vyhotovenie meracieho prípravku, menovite: Antonínovi Šikulovi, Liborovi Smutnému, Christovi Christovi a Martinovi Ježovi. Za prístup k meraciemu zariadeniu ďakujem firme Intemac Solutions s.r.o. a Ing. Zdeňkovi Fialovi, Ph.D. za odborné rady týkajúce sa obsluhy mikroskopu. Ďalej moje poďakovanie patrí rodičom za podporu a tolerovanie môjho pracovného režimu počas celého semestra.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že táto práca je mojím pôvodným dielom, spracovala som ju samostatne pod vedením Ing. Mateja Harčaríka a s použitím literatúry uvedenej v zozname.

V Brne dňa 24.5.2018

.....

Šulková Jana

OBSAH

ÚVOD	15
1 BICIE MECHANIZMY.....	17
1.1 Definícia.....	17
1.2 Druhy bicích mechanizmov	17
1.2.1 Bicie mechanizmy bez bicej pružiny	18
1.2.2 Bicie mechanizmy s bicou pružinou.....	18
1.3 Výpočet bicieho mechanizmu – kontrola funkcie	20
1.3.1 Kladivkový bicí mechanizmus	20
2 BICÍ MECHANIZMUS GUĽOBROKOVEJ KOZLICE BRNO COMBO	23
2.1 Napnutie bicieho mechanizmu guľobrokovej kozlice Brno COMBO	23
2.2 Uvoľnenie bicieho mechanizmu guľobrokovej kozlice Brno COMBO	24
3 ZÁPALKY	27
3.1 Definícia.....	28
3.2 Druhy zápaliek.....	28
3.3 Konštrukcia vybraných typov zápaliek.....	29
3.3.1 Zápalka Berdan.....	29
3.3.2 Zápalka Boxer.....	30
3.3.3 Zápalka W 209.....	30
3.4 Komponenty zápalky	31
3.5 Metódy skúšania zápaliek.....	32
3.5.1 Kontrola funkcie zápaliek.....	32
3.5.2 Kontrola citlivosti v puzdre – metóda dvoch výšok	32
3.5.3 Kontrola citlivosti v nábojnici – metóda dvoch výšok	33
3.5.4 Skúška metódou kritickej výšky - metóda Run – down	34
3.5.5 Krivka citlivosti	34
3.6 Použitý typ nábojov v práci	35
4 KVALITA BICIEHO MECHANIZMU.....	37
4.1 Funkčnosť	40
4.2 Bezpečnosť	40
4.3 Spoľahlivosť	41
4.3.1 Pohotovosť.....	42
4.3.2 Bezporuchovosť.....	43
4.3.3 Udržateľnosť a zabezpečenie údržby.....	44
4.3.4 Životnosť	45
4.4 Návrh kritérií pre hodnotenie kvality.....	45
5 MIKROSKOP ALICONA G4 INFINITEFOCUS.....	47
5.1 Technická špecifikácia.....	47
5.2 Technológia Focus Variation.....	48
5.2.1 Využitie Focus Variation	50
5.2.2 Vhodnosť použitia metódy Focus Variation na hodnotenie vpichu po úderníku.....	51
5.3 Osvetlenie vzorky	52
5.4 Polarizačný filter.....	53
5.5 Konfigurácia	54
6 SPÔSOB MERANIA A SPRACOVANIA DÁT	55

6.1	2,5D meranie	55
6.2	Rastrové skenovanie	56
6.3	Objemové parametre textúry povrchu	57
7	MERANIE DEFORMÁCIE ZÁPALIEK.....	61
7.1	Plánovanie merania	61
7.2	Použité vzorky a ich označenie	63
7.3	Nastavenie osvetlenia	64
7.4	Priebeh merania vpichu	66
7.4.1	Porovnanie výsledkov merania v rôznych polohách.....	69
7.4.2	Opakovanie meraní	69
7.5	Priebeh merania plochy dna nábojnice	70
8	ANALÝZA DÁT	71
8.1	Vyhodnotenie dát vpichov.....	71
8.2	Analýza dát vpichov – základná štatistika (objemové parametre)	71
8.3	Analýza dát vpichov – ANOVA (objemové parametre)	73
8.4	Analýza dát vpichov – základná štatistika (výškové parametre).....	77
8.5	Analýza dát vpichov – ANOVA (výškové parametre).....	78
8.6	Vyhodnotenie dát pre parameter polohy	82
8.7	Analýza dát pre parameter polohy – základná štatistika	82
8.8	Analýza dát pre parameter polohy – ANOVA	83
8.9	Odporúčanie pre prax	84
ZÁVER	85
ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	89
ZOZNAM SKRATIEK, SYMBOLOV, OBRÁZKOV A TABULIEK	93
	Zoznam skratiek a symbolov	93
	Zoznam tabuliek.....	95
	Zoznam obrázkov.....	95
ZOZNAM PRÍLOH	99

ÚVOD

Definícia kvality hovorí o schopnosti inherentných znakov výrobku naplniť požiadavky zákazníka. [1] Do výrobku sa vkladajú od počiatočného štádia životného cyklu každej jeho súčasti. V prípade biciaho mechanizmu ide predovšetkým o účinnú spoľahlivú iniciáciu zápalky, ktorá následne zapáli prachovú náplň a urýchli náboj. To musí nastať bez ohrozenia strelca a ľudí navôkol.

Uspokojenie potrieb zákazníkov je cieľom každého výrobného priemyslu. Zbrojársky priemysel je vopred hnaný medzinárodnou celosvetovou konkurenciou, ktorá prirodzene zvyšuje požiadavky na zbraňové systémy a skracuje inovačné cykly a doby vývoja. Výrobca je priamo zodpovedný za produkt, ktorý uvedie na trh a preto organizácie vyvíjajúce, vyrábajúce a prevádzkujúce zbraňové systémy potrebujú mať zavedené účinné systémy managementu kvality. [2]

Táto práca nadväzuje na predošlé bakalárske a diplomové práce vytvorené v spolupráci so Zbrojovkou Brno s.r.o., týkajúce sa zlepšovania guľobrokovkej kozlice Brno Combo. Kozlica Brno Combo je kombinovaná zbraň s guľovou aj brokovou hlavňou. Úderník guľovej hlavne udiera na zápalku naklonený pod uhlom. Predošlé práce zamerané na modelovanie biciaho mechanizmu narazili na problém s popisom mechanických strát. Ich výsledné modely z tohto dôvodu neposkytovali vierohodné informácie o iniciačnej energii, ktorú je schopný bici mechanizmus dodať. Preto sme sa rozhodli identifikovať jednoducho merateľné znaky, na základe ktorých by bolo možné posúdiť kvalitu biciaho mechanizmu, a prípadne v budúcnosti zistiť iniciačnú energiu.

Diplomová práca mala štyri ciele, ktoré sú splnené v ôsmich kapitolách.

V prvej kapitole definujem bicie mechanizmy, ktoré sú predmetom tejto práce. Definujem ich základnú funkciu, ktorou je iniciovanie zápalky dostatočnou energiou. Podľa druhu mechanizmu môže byť energia kumulovaná v predsuvnej alebo bicej pružine. [3] Postupne sa cez súčasti mechanizmu prenáša na úderník, ktorý svojou zaoblenou časťou udiera na dno zápalky. V hodnotenej zbrani je použitý bici mechanizmus s kladivkom konajúcim rotačný pohyb, pre ktorý som uviedla i výpočet kontroly funkcie.

Funkcia biciaho mechanizmu guľobrokovkej kozlice Brno Combo je vysvetlená v druhej kapitole. V nej je popísaný funkčný cyklus napínania a uvoľnenia biciaho mechanizmu pre guľovú hlavňu.

V tretej kapitole sú popísané zápalky. Nakoľko ide o iniciačný prvok, bez jeho pochopenia by nebolo možné pochopiť fungovanie biciaho mechanizmu. V jednotlivých podkapitolách pojednávam o rôznych typoch zápaliek a podrobnejšie rozoberám zápalky s mechanickým zápalom, ktoré sú použité v práci. Následne sú popísané metódy skúšania zápaliek.

Štvrtá kapitola rozoberá požiadavky potrebné na dosiahnutie a zabezpečenie kvality biciaho mechanizmu. Definuje funkčnosť a bezpečnosť ako dve najdôležitejšie vlastnosti biciaho mechanizmu. Popisuje spoľahlivosť iniciácie zápalky, a taktiež pohotovosť v daných klimatických a mechanických podmienkach, nevynímajúc faktory, ktoré ju ovplyvňujú ako bezporuchovosť, udržateľnosť a zabezpečenie údržby. V poslednej podkapitole definujem životnosť, ktorá sa vzťahuje len na neopravované prvky. Nakoniec budú navrhnuté kritériá

pre hodnotenie kvality bicieho mechanizmu. V tejto práci sú ako hodnotiace kritériá použité parametre vpichu v zápalkách, ktoré sú aplikovateľné pri výstupnej kontrole.

V piatej kapitole je popísaný mikroskop Alicona InfiniteFocus G4, ktorý bol použitý na snímanie vzoriek. Podrobne sa budem venovať i fungovaniu technológie FocusVariation, na báze ktorej mikroskop pracuje. Nakoľko sa jedná o svetelný mikroskop, podrobnejšie sú popísané i možnosti osvetlenia vzorky. Práve nastavenie osvetlenia býva pri snímaní nerovných povrchov vzorky kľúčové.

Šiesta kapitola pojednáva o 2,5D meraní. Ide o spôsob merania, ktoré neumožňuje priradiť výškovej súradnici viac ako jednu polohu. Tým je obmedzené množstvo tvarov snímateľných mikroskopom. V poslednej kapitole definujem objemové parametre podľa normy ISO 25178.

V siedmej kapitole je popísaný postup merania na mikroskope Alicona InfiteFocus G4 a použitý merací prípravok. Podrobne sú popísané použité nastavenia snímania a ich dôvody.

Ôsma kapitola obsahuje analýzu dát. Vyhodnotené sú údaje o objeme diery, hĺbke vpichu a o polohe umiestnenia zápalky voči nábojnici. Na záver tejto kapitoly sú uvedené odporúčania pre prax.

1 BICIE MECHANIZMY

Vystrelenie náboja je najdôležitejšou funkciou zbrane. Aby k nemu došlo, musí byť zosúladených hneď niekoľko činností. V literatúre je preto často spájané odpaľovacie, spúšťové a poistné ústrojenstvo do jednej kapitoly. [4] Pre samotný odpal je potrebná úspešná iniciácia zápalkovej zlože a následné zapálenie strelného prachu v nábojnici. Tento proces je vykonávaný odpaľovacím (iniciačným) ústrojenstvom zbrane. Umiestnené je v puzdre zbrane alebo v záverovom mechanizme [5]. Ovládanie odpalu je zabezpečené spúšťovými mechanizmami. [6]

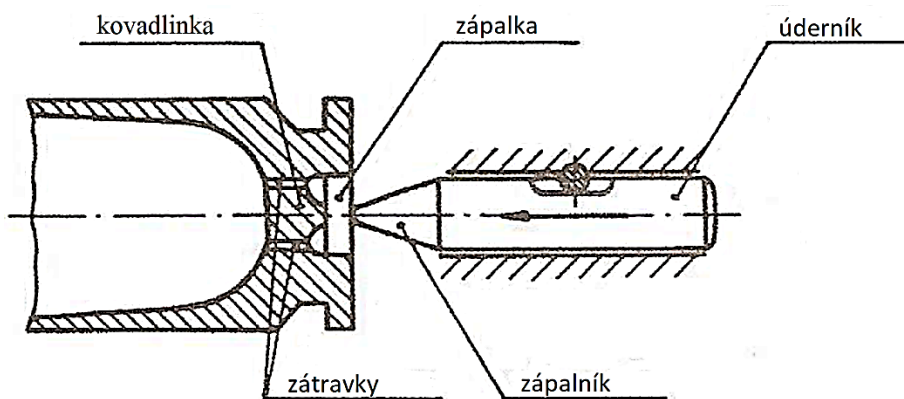
Podľa druhu iniciačnej energie môžeme odpaľovacie ústrojenstvá rozdeliť na mechanické, kde je výstrel iniciovaný úderom zápalníka, elektrické [6] alebo elektromechanické [4]. V práci sa zaoberám len mechanickým iniciačným ústrojenstvom.

1.1 Definícia

Mechanická iniciácia zbraní je zaisťovaná bicími mechanizmami. Ich hlavnou súčasťou je úderník so zápalníkom, ktorý koná iniciačný pohyb. [4]

Pri iniciácii narazí úderník svojou zašpicatenou prednou časťou, zápalníkom, na zápalku. V prípade zápalky so stredovým zápalom (Obr. 1) sa zápalková zlož zápalky stlačí medzi zápalník a kovadlinku. V dôsledku trenia sa vznieti a cez zátravky (drobné kanálíky) prešľahne do nábojnice, kde zapáli prachovú náplň. [4] Nahromadená energia vo vnútri nábojnice sa uvoľní vystrelením náboja. [6]

Kinetickú energiu získava úderník z bicej pružiny priamo alebo prenesením z iných súčastí mechanizmu. Úderník môže konať 2 druhy pohybov, priamočiary alebo rotačný, v závislosti od typu bicieho mechanizmu. [6]



Obr. 1) Iniciácia náboja so zápalkou so stredovým zápalom [6]

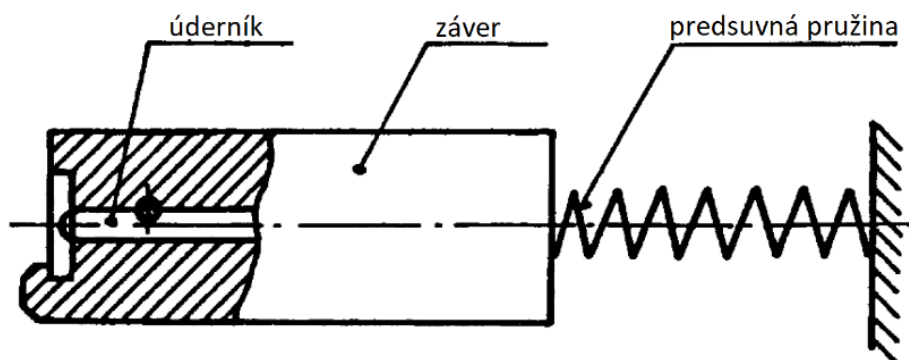
1.2 Druhy bicích mechanizmov

Energia potrebná k pohybu úderníka je prenášaná z pružiny. Tento prenos môže prebiehať priamo alebo z kladivka, ak má iniciačné ústrojenstvo biciu pružinu. V prípade absencie bicej pružiny, koná jej prácu pružina pedsuvná. Tá prenáša svoju energiu na záver zbrane alebo na nosič záporníka. Pri tomto nepriamom prenose dochádza ku vyššej strate energie.

1.2.1 Bicie mechanizmy bez bicej pružiny

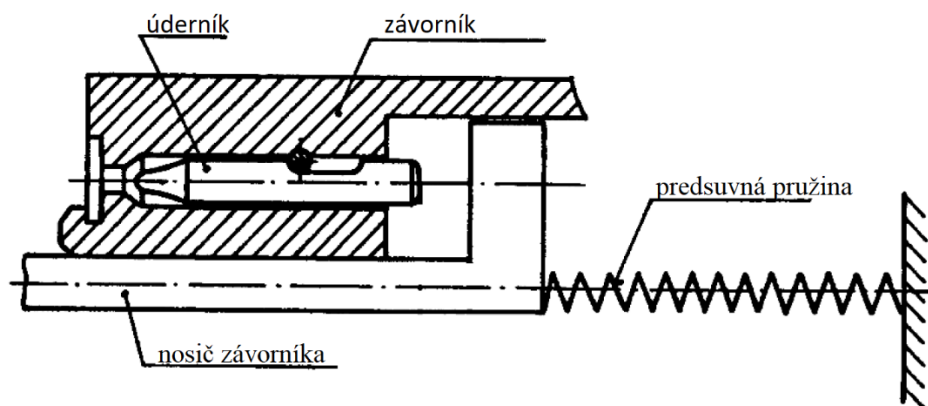
Úderník je pevne uložený v závere alebo voľne v závorníku. [5] K iniciácii náboja dochádza súčasne s prirazením záveru do prednej polohy, to je i hlavná nevýhoda konštrukcie. [6]

V prípade pevného uloženia úderníka v závere (Obr. 2), sa energia iniciácie prenáša z pedsuvnej pružiny, ktorá pôsobí na záver konajúci rovnomerný priamočiary pohyb. Iniciácia nastáva pri súčasnom vložení náboja do nábojovej komory a pri presunutí záveru do jeho prednej polohy. [7]



Obr. 2) Bicí mechanizmus s pevne uloženým úderníkom v závere, upravené podľa [7]

Pokiaľ je úderník voľne uložený v závorníku (Obr. 3), pôsobí pedsuvná pružina najprv na nosič závorníka. Ten následne doráža závorník do prednej polohy, pričom dochádza k iniciácii. [7]



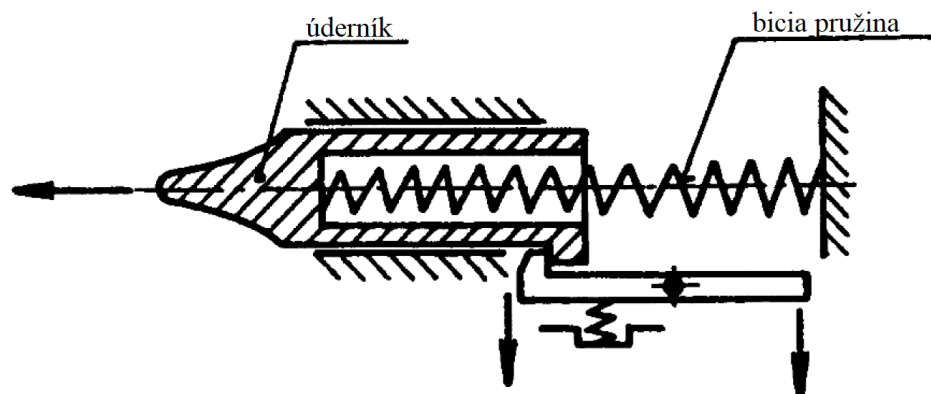
Obr. 3) Bicí mechanizmus s voľne uloženým úderníkom v závorníku, upravené podľa [7]

Nakoľko v týchto typoch mechanizmov náboj nie je v pokoji umiestnený do nábojovej komory, môžu vznikať rázy, ktoré vplývajú na spoľahlivosť iniciácie a presnosť streľby. [7] Z toho dôvodu je využitie v praxi obmedzené na zbrane nevyžadujúce veľkú presnosť.

1.2.2 Bicie mechanizmy s bicou pružinou

Iniciačná energia sa na úderník konajúci lineárny pohyb môže dostávať buď priamo alebo z kladivka. To môže konať rovnomerný i otáčavý pohyb. [4]

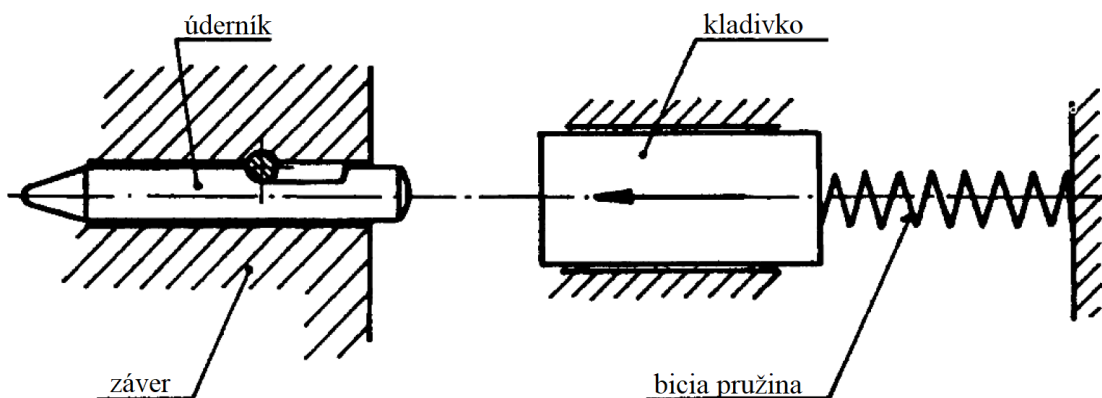
Úderníkový bicí mechanizmus na obrázku 4 zobrazuje pôsobenie bicej pružiny priamo na úderník uložený v závere zbrane. Úderník koná rovnobežný pohyb rovnako ako bicia pružina. [4] Priamy prevod a konštrukčná nenáročnosť umožňuje minimálne straty energie. [7]



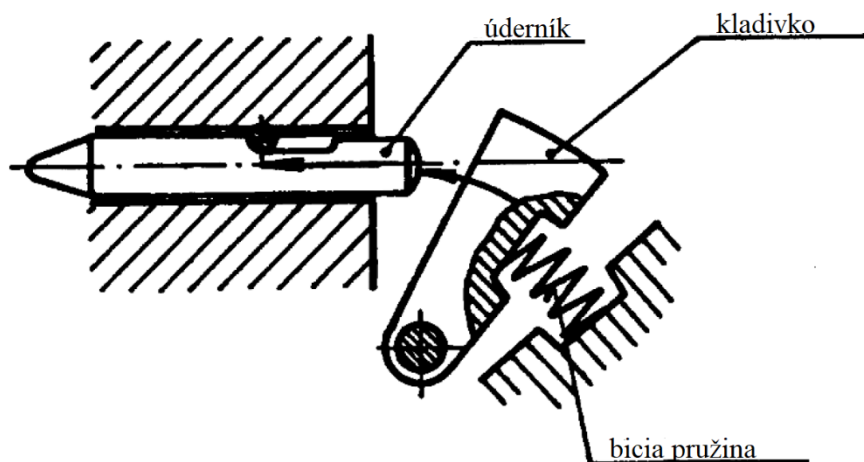
Obr. 4) Úderníkový bicí mechanismus, upravené podľa [7]

Kladivkové bicie mechanizmy sú konštrukčne náročnejšie, nakoľko obsahujú ďalší prevodový prvok – kladivko. To je v priamom kontakte s bicou pružinou. Po jeho uvoľnení dôjde ku zrážke s úderníkom a prenesená energia spôsobí iniciáciu. [7] Kladivko sa môže pohybovať priamočiarno Obr. 5 alebo rotačne Obr. 6. Pri konštrukčnom návrhu treba počítať s energetickou stratou pri zrážke. [6]

Bicí mechanismus s kladivkom konajúcim rotačný pohyb sa často používa v revolveroch, pištoľoch a loveckých zbraňoch. [4]



Obr. 5) Kladivkový bicí mechanismus s priamočiarym pohybom, upravené podľa [7]



Obr. 6) Kladivkový bicí mechanismus s rotačným pohybom, upravené podľa [7]

1.3 Výpočet bicieho mechanizmu – kontrola funkcie

Bicí mechanizmus slúži na prenos energie medzi spúšťou a iniciačným prvkom (zápalka, zápalková skrutka). Pre zaistenie spoľahlivej iniciácie zápalky je potrebné dodržať podmienku iniciácie uvedenú v kapitole 4.3. [4]

Kontrola funkcie bicieho mechanizmu spočíva v porovnaní kinetickej energie úderníka v okamihu zápichu s hodnotou potrebnej iniciačnej energie zápalky. Táto podmienka musí byť braná do úvahy aj pri návrhu bicieho mechanizmu a jeho súčastí. [8] Samotný výpočet bicieho mechanizmu spočíva v určení kinetickej energie a zhodnotení jej dostatočnosti pre iniciáciu.

1.3.1 Kladivkový bicí mechanizmus

Kladivko v mechanizme prenáša energiu rotačným pohybom. Pre určenie hodnoty kinetickej energie potrebujeme zistiť rýchlosť najhmotnejšieho člena reťazca, pred nárazom. V tomto prípade ide o kladivko, hnané silou bicej pružiny. Na výpočet postačuje diferenciálna rovnica prvého stupňa (1). [8]

$$I_{kl} \cdot \frac{d\omega}{dt} = F_{bp}(\varphi) - F_o(\varphi, \omega) \quad (1)$$

Kde: I_{kl} je osový moment zotrvačnosti kladivka k osi otáčania

$d\omega/dt$ je derivácia uhlovej rýchlosti kladivka podľa času

$F_{bp}(x)$ je sila bicej pružiny

$F_o(x, v)$ je súčet síl vyjadrujúci odpor proti pohybu úderníka. [8]

Zdrojom energie bicieho mechanizmu je pružina. Jej vlastnosti závisia na materiáli a geometrii. Vyjadrené sú hodnotou tuhosti pružiny (2). [7]

$$k = \frac{d^4 G}{8D^3 n_a} \quad (2)$$

Kde: d je priemer drôtu pružiny

G je modul pružnosti v šmyku

D je stredný priemer závitov pružiny

n_a je počet činných závitov pružiny. [7]

Potenciálnu energiu pružiny vyjadríme ako rozdiel hodnôt potenciálnej energie pri stlačení a v okamihu nárazu na kladivko (3). [7]

$$E_p = \frac{1}{2} k (x_1^2 - x_1'^2) \quad (3)$$

Kde: E_p je potenciálna energia pružiny

x_1 rozdiel dĺžok pružiny v uvoľnenom a v stlačenom stave

x_1' rozdiel dĺžok pružiny v uvoľnenom stave a v okamihu nárazu

k tuhosť pružiny. [7]

Uvoľnená bicia pružina odovzdá svoju potenciálnu energiu kladivku (4), ktoré sa pohybuje rotačne uhlovou rýchlosťou ω_1 (5). Predpokladáme, že rýchlosť ω_1 bude konštantná po celú dobu pohybu, a teda bude rýchlosť ω_1 i rýchlosťou dopadu na úderník.[7]

$$E_p = E_k \quad (4)$$

Kde: E_p je potenciálna energia pružiny
 E_k je kinetická energia kladivka.[7]

$$E_k = \frac{1}{2} I \omega_1^2 \quad (5)$$

Kde: E_k je kinetická energia kladivka
 I je osový moment zotrvačnosti kladivka k osi otáčania
 ω_1 je uhlová rýchlosť kladivka pred zrážkou s úderníkom.[7]

Po dosadení za kinetickú energiu dostaneme (6):

$$E_p = \frac{1}{2} I \omega_1^2 \quad (6)$$

Upravením vzorca dostaneme uhlovú rýchlosť pred zrážkou s úderníkom (7). [7]

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{2E_p}{I}} \quad (7)$$

Dopadom kladivka na úderník môže nastať pružná alebo dokonale nepružná zrážka. [7]

Pri pružnej zrážke platí zákon zachovania mechanickej energie (8) a zákon zachovania hybnosti (9). Predpokladáme, že sa pri zrážke časť energie kladivka odovzdá úderníku. Úderník sa začne pohybovať. Nakoľko kladivko odovzdá len časť svojej energie, nezastaví úplne, ale spomalí svoj pohyb. V priebehu pohybu môžu nastať ďalšie zrážky kladivka s úderníkom, pohybovať sa ale budú samostatne. Tento predpoklad môžeme vysloviť z dôvodu rádovo vyššej hmotnosti kladivka voči úderníku. [7]

$$E_{k0} = E_{ku} + E_{k1} \quad (8)$$

Kde: E_{k0} je kinetická energia kladivka pred zrážkou
 E_{ku} je kinetická energia úderníka po zrážke s kladivkom
 E_{k1} je kinetická energia kladivka po zrážke s úderníkom. [7]

$$p_{k0} = p_u + p_{k1} \quad (9)$$

Kde: p_{k0} je hybnosť kladivka pred zrážkou

p_{ku} je hybnosť úderníka po zrážke s kladivkom

p_{k1} je hybnosť kladivka po zrážke s úderníkom. [7]

Charakteristický znak nepružnej zrážky je, že sa objekty zrážky spoja a pohybujú sa spoločne rovnakou rýchlosťou. Vtedy platí zákon zachovania hybnosti (9). [7]

Tento model popisuje ideálny priebeh funkcie bicieho mechanizmu. Je realizovaný zákonom zachovania mechanickej energie a hybnosti. V našom prípade sa úderník nepohybuje rovnobežne. Je to väčšia súčiastka udierajúca pod uhlom na dno zápalky. Z tohto dôvodu je efektívna hrúbka plechu zápalky väčšia. Vpich po zápalníku bude mať tvar šikmo umiestnenej jamôčky. Pri údere pod uhlom môžeme predpokladať efektívnu hrúbku plechu vyššiu, než pri údere kolmo na zápalku.

Straty ku ktorým dochádza vplyvom trenia a spôsobom uloženia súčastí bicieho mechanizmu, zatiaľ nevieme analyticky popísať. Hoci tieto faktory nie sú v praxi zanedbateľné, tento model nevieme dostatočne vyriešiť.

2 BICÍ MECHANIZMUS GUĽOBROKOVEJ KOZLICE BRNO COMBO

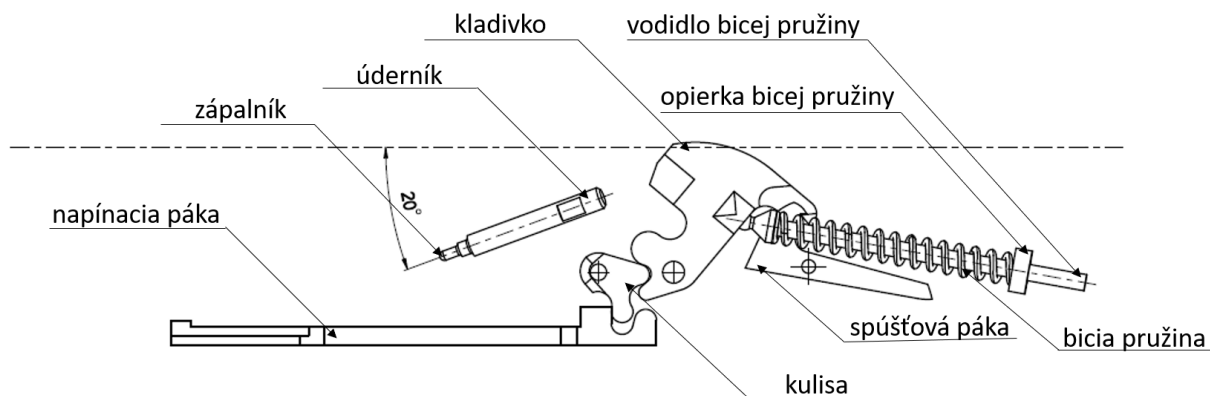
Kozlica Brno Combo má kladivkový bicí mechanizmus s vlastnou bicou pružinou a rotačným kladivkom. Vyrábaná je Zbrojovkou Brno s. r. o.

Ide o kombinovanú zbraň s lôžkovým záverom, má teda guľovú i brokovú hlavneň. Odpal je riadený dvoma spúšťami. Prednou spúšťou je ovládaná guľová hlavneň, zadnou broková. Zbraň má automatickú poistku. Hmotnosť zbrane je nízka, pohybuje sa medzi 2,95 - 3,15 kg, v závislosti od použitého dreva. Moja práca sa zoberá bicím mechanizmom pre guľovú hlavneň. [9]

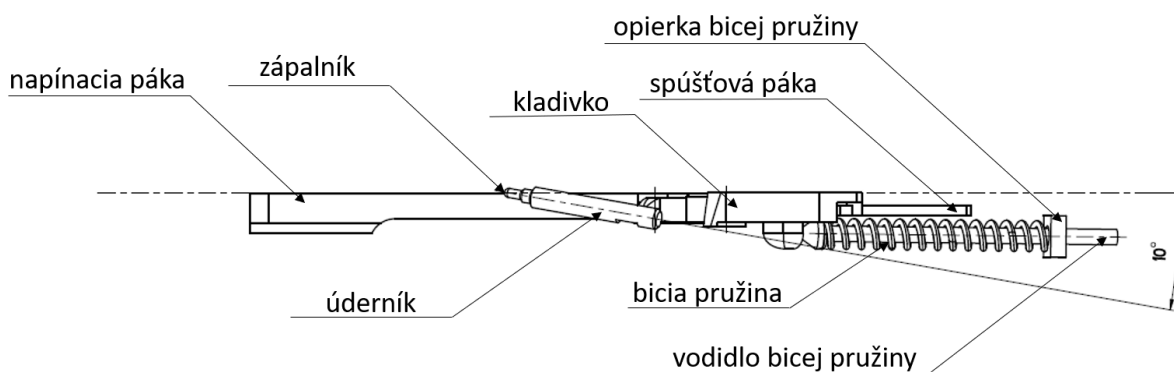
Hlavný diel zbrane, lôžko, má zložitú konštrukciu. Obrábané je z bloku materiálu, pričom kvôli odľahčeniu zbrane dochádza k značnému odberu materiálu. Vyrobené je z ocele, ako i všetky súčasti zbrane (až na prvky mieriacej sústavy). Oba bicie mechanizmy sú v ňom tesne uložené, tak aby zaberali čo najmenej miesta. Úderník, ktorý iniciuje guľový náboj je naklonený vo dvoch osiach. Dopadajúca ploška, kladivka a úderníka je vyhladená v smere osi zbrane. [9] Nakoľko sa úderník pohybuje šikmo, jeho hybnosť i výslednica síl nepôsobia na zápalku kolmo. Toho dôkazom je i vyhrnutie materiálu na dne použitých zápaliiek, ktoré je viditeľné len v jednom smere. Keďže výslednica síl nepôsobí na zápalku kolmo, štandardný výpočet iniciačnej energie pre zápalku nepostačuje. Energia potrebná na spoľahlivú iniciáciu by mala byť vyššia.

2.1 Napnutie bicieho mechanizmu guľobrokovvej kozlice Brno COMBO

Bicí mechanizmus je napínaný ručným zlomením hlavňového zväzku po odistení. Tento rotačný pohyb je prenášaný na napínanie páku konajúcu posuvný pohyb. Cez tvarový prevod kulisou, ktorá je upevnená na čape, je pohyb prenášaný na rotujúce kladivko. To rotáciou okolo vlastnej osi napína bicíu pružinu umiestnenú na vodidle, ktoré je spojené s kladivkom pomocou guľového kĺbu a z druhej strany voľne prechádza cez otvor v opierke bicej pružiny. Napínaním je pružina stlačovaná medzi vodidlo a opierku bicej pružiny až do dosiahnutia krajnej polohy kladivka. Vtedy je zachytené spúšťovou pákou a do nábojovej komory môžu byť vložené náboje a hlavňový zväzok navrátený do pôvodnej uzamknutej polohy. [7] Napnutá poloha bicieho mechanizmu je zobrazená na obrázku Obr. 7 ako pohľad zboku a Obr. 8 ako pohľad zhora.



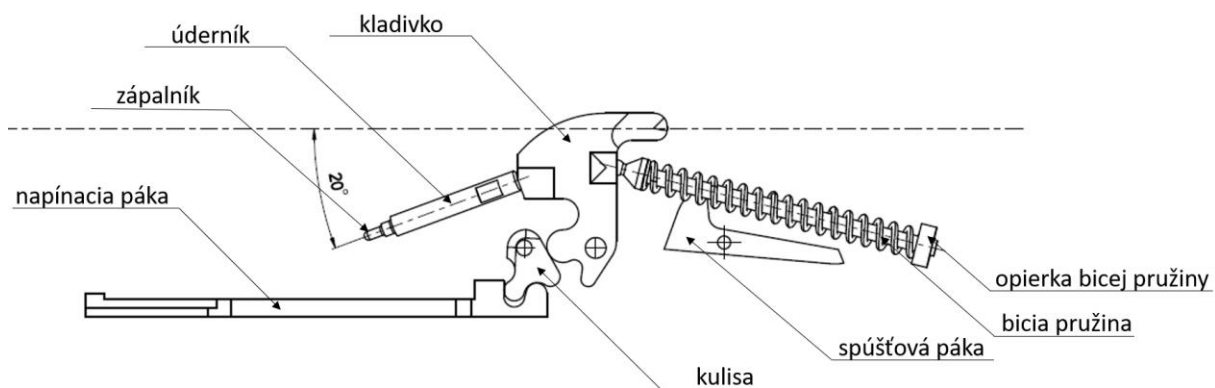
Obr. 7) Bicí mechanizmus pre guľový náboj guľobrokovkej kozlice Brno Combo v napnutej polohe – pohľad z boku, upravené podľa [10]



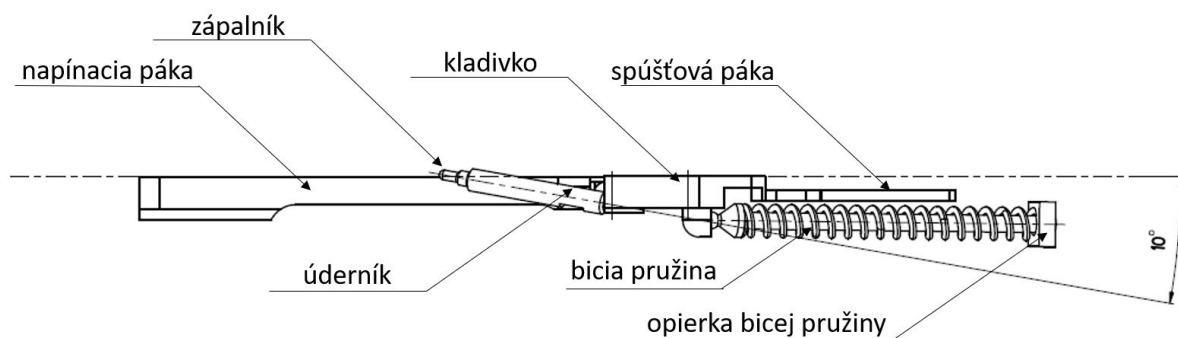
Obr. 8) Bicí mechanizmus pre guľový náboj guľobrokovkej kozlice Brno Combo v napnutej polohe – pohľad zhora, upravené podľa [10]

2.2 Uvoľnenie bicieho mechanizmu guľobrokovkej kozlice Brno COMBO

Stlačením prednej spúšte, a teda i otočením spúšťovej páky guľovej hlavne, sa uvoľní kladivko i bicia pružina. Kladivko narazí na úderník, ktorého zúžená časť (zápalník) posuvným pohybom iniciuje zápalku. [7] Pohyb úderníka nie je rovnobežný s osou zbrane, ale je naklonený pod uhlom 20° nadol a 10° vpravo. [9] Úderník je navrátený do pôvodnej polohy vlastnou pružinou pri odistení hlavného zväzku. Rotáciou kladivka sa cez tvarový prevod uvoľní i napínacia páka. [7] Tým sa celý bicí mechanizmus dostane do svojej nenapnutej polohy Obr. 9 a Obr. 10.



Obr. 9) Bicí mechanizmus pre guľový náboj guľobrokovkej kozlice Brno Combo v nenapnutej polohe – pohľad zboku, upravené podľa [10]



Obr. 10) Bicí mechanizmus pre guľový náboj guľobrokovkej kozlice Brno Combo v nenapnutej polohe – pohľad zhora, upravené podľa [10]

3 ZÁPALKY

Prvá konštrukcia systému zbrane a jednotného náboja bola navrhnutá v roku 1827 pruským vynálezcom a výrobcom strelných zbraní Nicolasom Dreysom. Po zdokonalení konštrukcie, systém preukázal praktickú využiteľnosť a v roku 1841 si Pruská armáda objednala 60 000 kusov ihloviiek s jednotným nábojom. Neskôr si doobjednala ďalších 300 000. Práve tomuto objavu sa pripisuje víťazstvo Pruska nad Rakúskom v roku 1866, kde boli straty na životoch Rakúšanov až takmer 5-krát väčšie (44 300 mužov). Táto ohromná prehra započala uvoľňovanie finančných prostriedkov v prospech európskych armád a urýchlené prezbrojovanie. Začala éra rozmachu výroby jednotných nábojov do ručných palných zbraní. [11]

Konštrukcia a vlastnosti náboja závisia od zbrane, v ktorej má byť použitý a od očakávaného účelu, ktorý má splniť. V civilnom sektore plní náboj hneď niekoľko funkcií. Pri športovej alebo kondičnej streľbe je dôležité znázornenie bodu zásahu. Pri love je vyžadované účinné a rýchle usmrtenie zasiahnutého zvierat'a. Pri sebaobrane, či policajnom zásahu sa dbá na okamžité zastavenie osoby. Toto rozdelenie nábojov však nie je vymedzujúce. Vlastnosti obranného streliva sú vhodné na použitie bezpečnostnou službou i políciou, no pri určitých policajných zásahoch je používané strelivo vyrobené na vojenské účely. [12]

Existuje teda mnoho druhov nábojov, ktoré sa odlišujú svojimi vlastnosťami a rozdielnym spôsobom použitia. Najčastejšie používané sú pištoľové náboje, revolverové náboje, puškové náboje a náboje pre brokovnice. Náboje pre brokovnice môžu obsahovať hromadnú i jednotnú strelu. Konštrukčne však môžeme náboj rozdeliť na 4 základné časti – strelu, zápalku, výmetovú prachovú náplň a nábojnicu. [13] V tejto kapitole si podrobnejšie popíšeme zápalky. Rôzne druhy zápaliek sú zobrazené na obrázku Obr. 11.



Obr. 11) Ukážka rôznych druhov zápaliek. [14]

3.1 Definícia

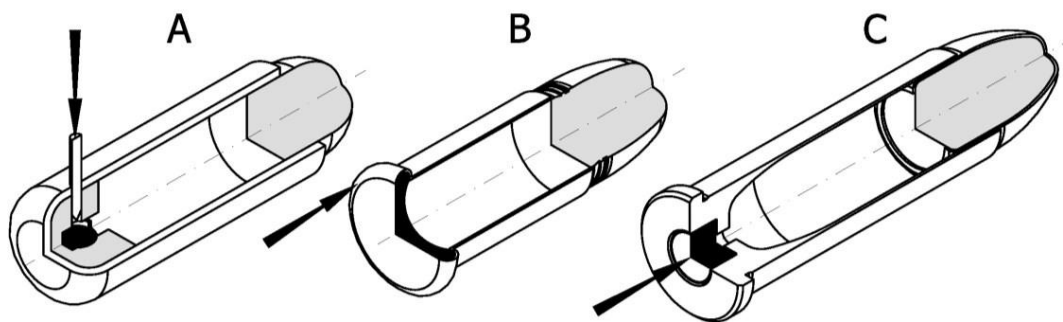
Zápalky slúžia k zapáleniu [5] výmetovej náplne tvorenej čiernym alebo bezdymovým prachom. [11] Sú to iniciátory (roznicovadlá) malého výkonu používané k zápalu malokalibrového streľiva, pri delostreleckých palných zbraniach a v špeciálnych systémoch napr. zápalkových skrutkách a puzdrách. Iniciácia zápalky sa vykonáva nárazom úderníka [5] na dno zápalky. Tým dôjde ku stlačeniu zápalkovej zlože [5] medzi kalíšok a kovadlinku.[14] Jednotlivé komponenty zápalky sú popísané v podkapitole 3.4.

Dôležitou vlastnosťou zápalky je citlivosť na mechanický podnet, ktorý je špecifický pre každý druh streľiva. Z dôvodu rozličnej konštrukcie bicieho mechanizmu sa pre krátke zbrane požaduje vyššia citlivosť ako pre dlhé zbrane. Citlivosť zápalky je regulovateľná hrúbkou dna kalíška, pevnosťou dna kalíška, hrúbkou vrstvy zápalkovej zlože a jej citlivosťou. Tá sa reguluje zložením, úpravou jednotlivých komponentov a veľkosťou lisovacích tlakov. Zalisovanie zlože veľkými lisovacími tlakmi môže viesť ku zníženiu citlivosti zápalky až za hranicu zlyhania, naopak nízke tlaky môžu viesť k uvoľneniu zlože z kalíška, výnimočne i ku predčasnej iniciácii výmetovej prachovej náplne. [11]

Zápalné vlastnosti zápalky musia byť také, aby zaistili okamžité a súčasné zahorenie výmetovej náplne. Aby nedochádzalo k prerazeniu kalíška zápalky, a tým k vyšľahnutiu plameňa zápalkovej zlože dovnútra zbrane, musí byť úderník zaoblený. [11]

3.2 Druhy zápaliek

Medzi významné mechanické zápalky patria zápalky so stredovým zápalom a zápalky s okrajovým zápalom. Bočný zápal [5] je v súčasnej dobe už nevyužívaný. Na obrázku 12 sú zobrazené najčastejšie druhy zápalov mechanických zápaliek.



Obr. 12) Ukážka najčastejších druhov zápalu s mechanickou aktiváciou. Šípky na obrázku ukazujú smer dopadu zápalníka [5] zbrane na iniciátor (tmavou farbou)

A – bočný zápal (systém Lefauchaux)

B – okrajový zápal

C – stredový zápal [14]

Najviac používaný je systém so stredovým zápalom. Zápalka je zhotovená ako samostatný celok a následne je zalisovaná do lôžka v strede dna nábojnice. Konštrukcia obsahuje mosadzný kalíšok, zápalkovú zlož, kryciu fóliu, lak a vonkajšiu alebo vnútornú mosadznú kovadlinku. Zápalník k iniciácii je umiestnený v osi nábojovej komory. [11]

K aktivácii dochádza nárazom zápalníka na dno kalíška, ktorý narazí zápalkovú zlož na pevnú prekážku – kovadlinku. [14] Konštrukčne existujú dve možné riešenia stredového zápalu – stredový zápal s dvoma mimostredovými zátravkami (použité v zápalke Berdan) a stredový zápal s jednou centrálnou zátravkou (použité v zápalke Boxer). [12]

Pri okrajovom zápale je zápalková zlož zalisovaná alebo vtretá v okraji dna nábojnice, alebo pokrýva celé dno. K iniciácii dochádza nárazom úderníka na okraj nábojky, ktorá pevne dosadá v nábojovej komore. Následne dochádza k premene kinetickej energie zápalníka na tepelnú energiu. Tak sa zlož aktivuje, zahorí a vyšľahnutý plameň s vysokou teplotou sa dostane cez zátravku do priestoru s výmetovou náplňou. Rýchlosť priebehu vzplanutia výmetovej náplne závisí od intenzity a sily vyšľahnutého plameňa. [14]

Bočný zápal alebo systém Lefauchaux má zápalku umiestnenú uprostred tak, že jej os leží kolmo k osi náboja. Oceľový kolík – kovadlinka, vyčnieva von z nábojnice a svojím zašpicatým koncom dosadá na zlož zápalky, ktorá sa mechanickým impulzom aktivuje. Tento druh zápalu je v súčasnosti nepoužívaný, nájdeme ho už len v historických zbraniach. [11]

Pri elektrickej aktivácii je iniciácia mechanickým impulzom nahradená iniciáciou impulzom elektrickým. Súčasťou je elektrická tableta na aktivovanie zápalkovej zlož v zápalke. [14] Výhodou je skrátenie doby od stlačenia spúšte, následného uvoľnenia úderníka a jeho prekonania vzdialenosti až po samotnú iniciáciu zápalky. Tento typ zápalu má uplatnenie v zbraniach s vysokou kadenciou (počet nábojov vystrelených za minútu) ako napríklad v leteckých guľometoch. [11]

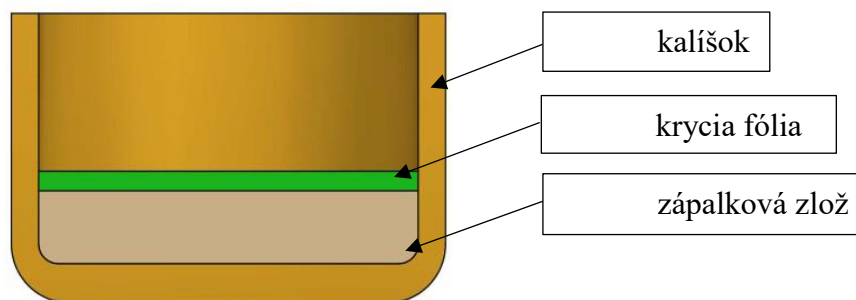
Zápalky s dvojitou aktiváciu sú aktivované elektrickým impulzom. Mechanický impulz je prítomný len ako záloha. [14]

3.3 Konštrukcia vybraných typov zápaliek

Kovadlinka môže byť súčasťou nábojnice alebo zabudovaná vo vnútri zápalky. Zápalky s vlastnou kovadlinkou majú hneď niekoľko výhod. Jednoduchšia výroba nábojnice, možnosť ich použitia pri prebíjaní nábojov, a to najdôležitejšie, vyššia spoľahlivosť pri zápale výmetovej prachovej náplne vďaka väčšiemu priemeru zátravky nábojnice. [12]

3.3.1 Zápalka Berdan

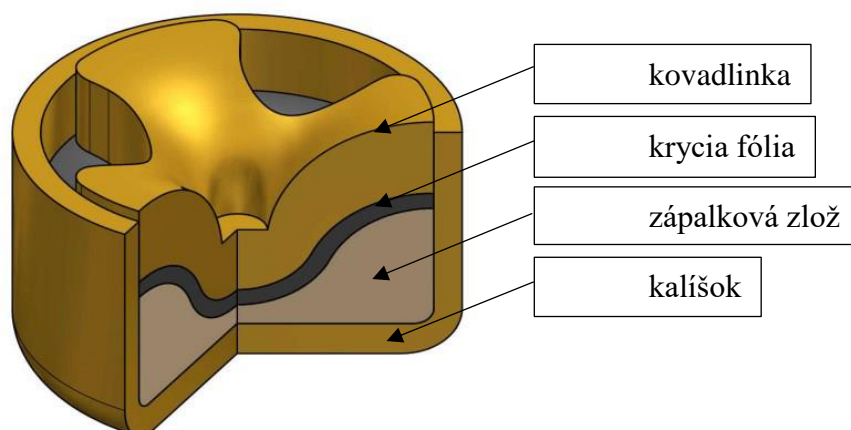
Tento druh zápalky neobsahuje kovadlinku. Lôžko zápalky aj s kovadlinkou sa tvarujú priamo z materiálu dna nábojnice. V ňom sú vyvŕtané dva zápalné otvory s priemerom 0,8 až 1,2 mm. [14] Kovový kalíšok valcového tvaru lícuje s objímkou nábojnice. Je v ňom zalisovaná zápalková zlož prekrytá tenkostennou kovovou, prípadne papierovou fóliou, ktorá je po obvode zalakovaná z dôvodu ochrany zlož voči vlhkosti. Berdanova zápalka má stredový zápal. Zobrazená je na obrázku 13. [12]



Obr. 13) Zápalka konštrukcie 4,5 Berdan, upravené podľa [14]

3.3.2 Zápalka Boxer

Súčasťou tohto typu zápalky je trojkridlá kovadlinka. Samotná zápalka je tvorená kalíškom a zápalnou zložou prekrytou zalakovanou krycou fóliou. [14] Do kalíška je zalisovaná mosadzná kovadlinka kužeľovitého tvaru. Zápalka má objímku nitového charakteru [11] s centrálnym výšľahovým otvorom vyseknutom na postupovom lise s priemerom 1,2 až 1,9 mm. [14] Iniciáciou zápalky vyšľahne plameň zápalnej zlože cez kanálik – zátravku, nachádzajúcu sa v osi dna nábojnice a vznieti výmetovú náplň. Boxerova zápalka má stredový zápal. Obrázok 14 zobrazuje jej konštrukciu.

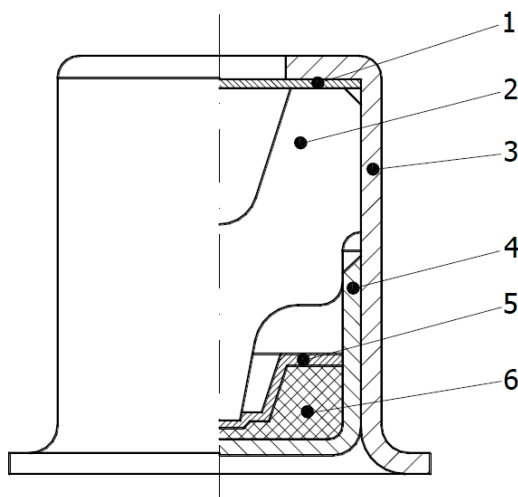


Obr. 14) Zápalka konštrukcie Boxer, upravené podľa [14]

V praxi existuje 5 druhov zápaliek so stredovým zápalom typu BOXER. Konkrétne ide o malú pištoľovú zápalku 4,4 mm, malú pištoľovú zápalku Magnum 4,4 mm, veľkú pištoľovú zápalku 5,3 mm, malú puškovú zápalku 4,4 mm a veľkú puškovú zápalku 5,3 mm. [15]

3.3.3 Zápalka W 209

Zápalka je tvorená objímkou v tvare obráteného písmena U s vlastnou plochou kovadlinkou s hrotom. Do objímky, na kovadlinku, je zalisovaná zápalná zlož a zalakovaná v kalíšku. Zápalka je uchytená v nábojnici brokového náboja za lem objímky. [11] Konštrukcia zápalky je zobrazená na obrázku 15.



Obr. 15) Zápalka W 209 (firmy Winchester) – rez, 1 - krytka, 2 - kovadlinka, 3 – objímka, 4 - kalíšok, 5 - krycia fólia, 6 - zápalková zlož [12]

3.4 Komponenty zápalky

Medzi základné komponenty zápalky patrí kalíšok, zápalková zlož, krycia fólia a kovadlinka. V tejto kapitole je popísaná ich konštrukcia a vlastnosti. Zobrazené sú na obrázku 16.

Kalíšok tvorí základnú laboračnú jednotku valcového tvaru spájajúcu všetky časti zápalky v jeden manipulačný celok. Vyrába sa z mosadzných pásov (CuZn30 – mosadz so 70 % medi a 30 % zinku [14]) alebo z medených, či tombakových. [11] Je mäkkší ako kovadlinka. Kalíšok sa povrchovo upravuje napríklad galvanickým niklovaním alebo černením (atrasy). Povrchová úprava je potrebná pre zabránenie reakcie medzi zápalkovou zložou a materiálom kalíšku. Hrúbka dna kalíška ovplyvňuje požadovanú citlivosť zápalky aj manipulačnú bezpečnosť. Väčšinou sa volí v rozmedzí 0,4 až 0,8 mm. [14]

Zápalková zlož je iniciačná zmes, ktorá sa po dopade úderníka na dno kalíška vznieti a zapáli výmetovú prachovú náplň. Aktuálne sa používajú tricinátové zápalkové zlože, ktoré sú toxické alebo zápalkové zlože netoxické. [11]

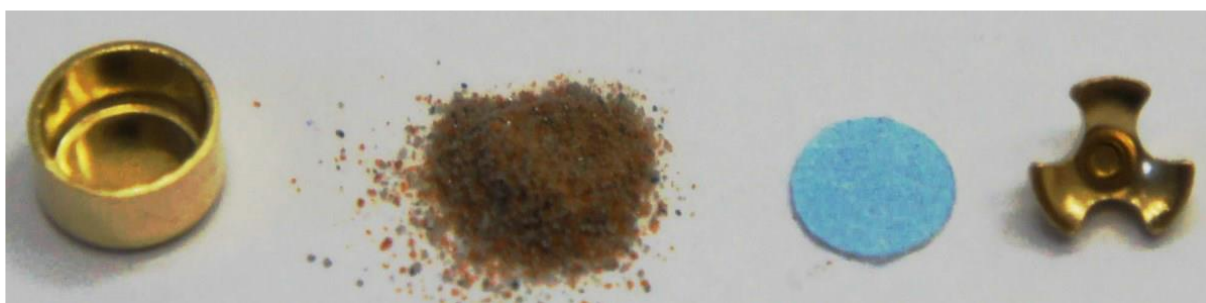
Tricinátové zlože sú na báze trinitroresorcinátu olovnatého (skrátene tricinát) s prídavkom tetrazenu (2-5 %), ktorý zvyšuje citlivosť nárazu. Tricinát je ľahko vznietivý priamym plameňom, elektrickou iskrou či nahromadenou statickou elektrinou – vytvára teplý plameň. Tetrazen je citlivý k nárazu a nápichu. Je taktiež ľahko zapáliteľný, pričom vzniká vysoké výbuchové teplo, no je výbušný pri nízkej teplote, čím vzniká studený plameň. Zmes nemá korozívne ani erózne účinky a je univerzálne použiteľná. Nevýhodou je uvoľňovanie veľkého množstva toxických ťažkých kovov pri výstrele. Tie spôsobujú i problematickú likvidáciu. [14] Toxicita zlože nezodpovedá nárokom na čistotu životného prostredia. Preto pokračuje vývoj netoxických zápalkových zloží.

Netoxická zápalková zmes na báze dinitrodiafezolu (skrátene dinol) je výkonnejšia než traskaviny [5] obsahujúce kov. Iniciačné schopnosti dinolu sú približne dvojnásobné oproti traskavej ortuti, ale je menej citlivý k nárazu. Netoxická zápalková zlož na báze tetrazetanu (nazývaná NONTOX) neobsahuje ťažké kovy ani toxické aromatické zlúčeniny. Tetrazetan pri zapálení na podložke voľne horí, výbušné vlastnosti získa až pri kontakte s ostatnými

zložkami zápalkovej zlože v uzavretom priestore. Pentrit pridáva zmesi schopnosť horľavosti. Tento typ zlože je nekorozívny a spoľahlivý aj pri veľmi nízkych teplotách. [14]

Krycia fólia zabezpečuje ochranu zápalkovej zlože pred vplyvmi vonkajšieho prostredia (hlavne vlhkosť) a proti nežiaducim mechanickým podnetom (drobné nečistoty môžu ovplyvniť citlivosť). Vyrábaná je z cínu alebo olova [11], výnimočne i z papiera. Na dosiahnutie požadovanej hermetickosti a zabráneniu únikom zlože sa prelakováva nitrocelulózovým lakom. [14]

Kovadlinka vytvára mechanický podnet, ktorý iniciuje zápalkovú zlož [11]. Je to výlisok vysekávaný z tvrdej mosadze (mosadz so 63 % medi a 37 % zinku). Zmenou jej výšky a tvaru môžeme meniť iniciačné vlastnosti. [14]



Obr. 16) Komponenty zápalky. Zľava: kalíšok, zápalková zlož, krycí kotúč a kovadlinka [14]

3.5 Metódy skúšania zápaliek

Existuje niekoľko spôsobov kontroly zápaliek. Konkrétne to je kontrola vzhľadu a rozmerov, zloženia zápalkovej zlože, manipulačnej bezpečnosti, funkcie a kontroly citlivostí.

Pri kontrolách citlivosti k nárazu používame energetické veličiny zápaliek – hornú a dolnú medzu citlivosti. Horná medza citlivosti je minimálna hladina mechanickej energie úderníka, pri ktorej je zabezpečená 100 % aktivácia zápalky. Dolná medza citlivosti je maximálna hladina mechanickej energie úderníka, pri ktorej nedôjde k zapáleniu zápalky. Táto medza je používaná ako bezpečnostný ukazovateľ pri manipulácii zápalkou i celého náboja. [12]

3.5.1 Kontrola funkcie zápaliek

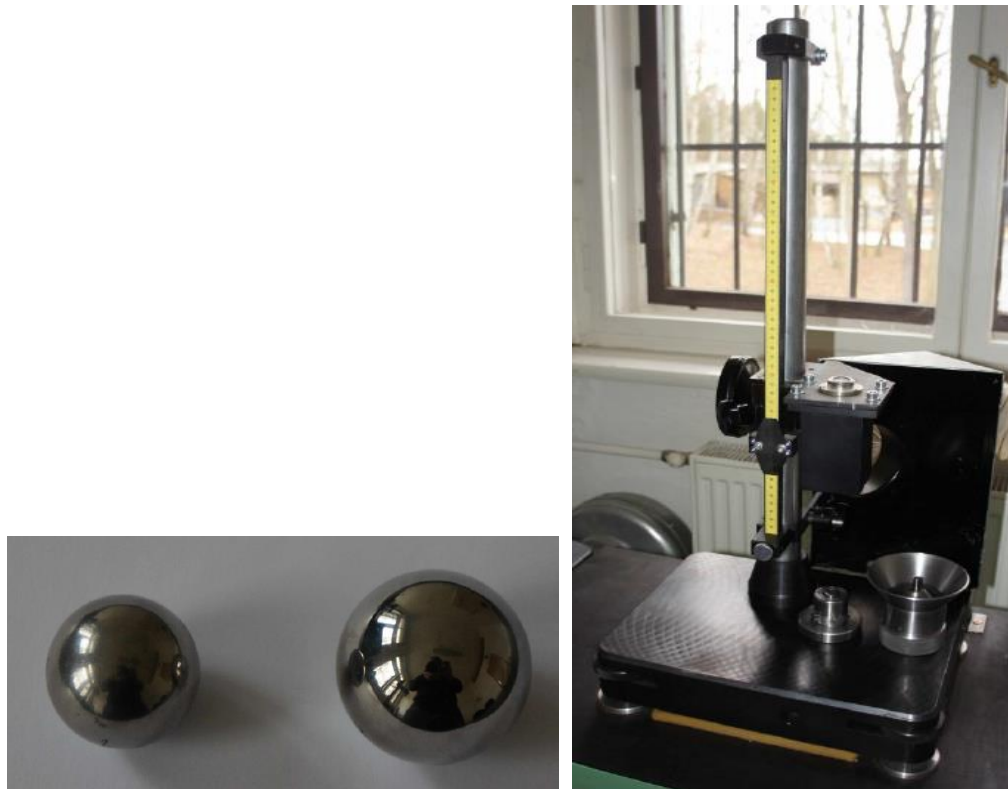
Po zalaborovaní zápaliek do funkčných nábojov, ktoré sú určené technickou dokumentáciou, sa vykonáva skúška ich funkcie. Potrebne je zaistiť normálnu teplotu, a to 15°C až 25°C. Pre konkrétne typy zápaliek sú predpísané zbrane vhodné na ich skúšanie. Tie musia byť v bezchybnom stave a v súlade s technickou dokumentáciou. [14]

Takto nepriamo kontrolujeme aj zápalnú schopnosť zápalky, vždy určenej pre vybranú skupinu nábojov. Táto schopnosť je daná veľkosťou výstupného impulzu (intenzitou a dĺžkou plameňa), ktorý spoľahlivo zapáli určité množstvo výmetovej prachovej náplne. [12]

3.5.2 Kontrola citlivosti v puzdre – metóda dvoch výšok

Všetky kontroly citlivosti sa vykonávajú so zápalkami, ktoré sú po kontrole vzhľadu a rozmerov. Zápalky sa vložia do skúšobného puzdra v tvare skúšanej zápalky a spúšťa sa závažie (gulôčka) z dvoch predpísaných výšok na zápalník na pádovom stroji (Obr.17).

Hmotnosť guľôčky závisí od priemeru zápalky. Závažie s hmotnosťou 55 g je vhodné pre zápalky s priemerom 4,4 mm a 112 g je vhodné pre zápalky s priemerom 5,3 mm (Obr. 17). Pri skúšaní dolnej medze (nižšej výške pádu) nesmie dôjsť k aktivácii zápalky a pri skúšaní hornej medze naopak k aktivácii dôjsť musí. [14]



Obr. 17) Pomôcky ku skúške citlivosti v puzdre metódou dvoch výšok. Zľava: skúšobné závažia 55 g a 112 g, pádový stroj KX4 [14]

3.5.3 Kontrola citlivosti v nábojnici – metóda dvoch výšok

Táto kontrola citlivosti sa vykonáva so zápalkami po kontrole vzhľadu a rozmeru, ktoré sú zalaborované do nábojníc. Tie sa následne vložia do prípravku vytvarovaného na tvar nábojnice (Obr.18). Znovu je použité závažie (55 g alebo 112 g), ktoré je spúšťané z dvoch výšok a dopadá na zápalník pádového stroja. Potrebné je použitie energetických veličín citlivosti. Na hornej medzi citlivosti musí spoľahlivo dôjsť k aktivácii a na dolnej medzi citlivosti musí byť aktivácia vylúčená. [14]



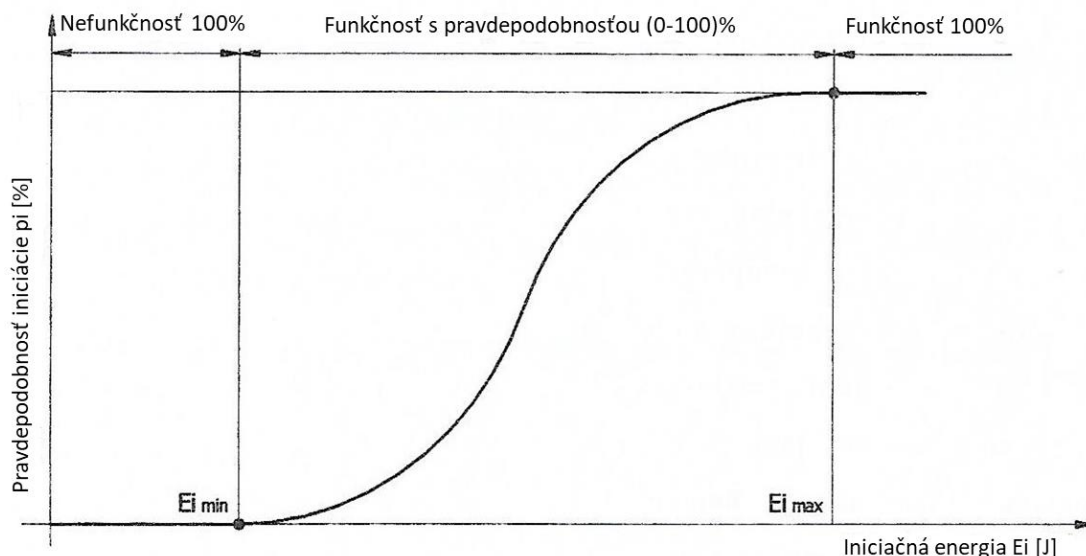
Obr. 18) Príklad skúšobného puzdra [14]

3.5.4 Skúška metódou kritickej výšky - metóda Run – down

Skúška metódou Run – down sa vykonáva so zápalkami po kontrole vzhľadu i rozmerov, ktoré sú zalaborované do nábojníc. Tie sú následne vložené do skúšobného puzdra zodpovedajúcemu tvaru nábojnice a opäť je spúšťané závažie. Jeho hmotnosť závisí od priemeru zápalky a výška spustenia od orientačnej medze predpísanej v technickej dokumentácii. Postupne po 25mm sa skracuje pádová výška až do dosiahnutia hornej a dolnej medze citlivosti. Z každej medze sa skúša 25 kusov, pričom na spodnej medzi musí zápalka 100 % zlyhať a na hornej sa musí 100 % aktivovať. Namerané hodnoty sa počítačom vyhodnotia s predpísanou presnosťou (2 smerodajné odchýlky pre dolnú medzu a 4 alebo 5 pre hornú medzu). Vyhovujúce zápalky musia spĺňať predpísané podmienky pre vyhodnocovaný typ zápaliek. [14]

3.5.5 Krivka citlivosti

Bezpečná a spoľahlivá funkcia zápalky je definovaná krivkou citlivosti. Jej uzlovými bodmi sú už vyššie definované horná a dolná medza citlivosti. Krivka je grafickým znázornením pravdepodobnosti iniciácie zápalky na iniciačnej energii Obr. 19, prípadne pádovej výšky skúšobného závažia. Pravdepodobnosť vznietenia narastá prekonaním dolnej medze až po dosiahnutie maxima na hornej medzi. [12]



Obr. 19) Ukážka citlivostnej krivky zápalky, upravené podľa [12]

Citlivostná krivka zápalky je stanovená experimentálne padacím zariadením, kde je na upevnenú nábojnicu so zápalnou spúšťané závažie s danou hmotnosťou voľným pádom z rôznych výšok. Iniciačná energia je dodávaná závažím a je definovaná ako potenciálna energia v hornom konci úderníka. Vypočítať ju môžeme podľa rovnice (10). [12]

$$E_i = m_z g H \quad (10)$$

Kde: E_i je iniciačná energia
 m_z je hmotnosť závažia
 g je tiažové zrýchlenie
 H je výška pádu.

Priebeh rastu krivky môže mať odlišnú strmosť. Strmšia krivka hovorí o vyššej kvalite zápalky, ideálna (v praxi nedosiahnuteľná) by bola skoková zmena z dolnej medze na hornú.[12]

Pri skúšaní citlivosti zápaliek z jednej série dostaneme tzv. pole citlivosti, ohraničené okrajovými krivkami citlivosti. Pre kvalitné zápalky je charakteristické úzke pole citlivosti bez výraznejšej asymetrie. [12]

3.6 Použitý typ nábojov v práci

V tejto práci využívam len jeden typ zápalky: mechanickú zápalku so stredovým zápalom typu BOXER z puškového náboja 30-06 Springfield SPCE 9,7 g. Vyrábaná je vo firme Sellier & Bellot.

Na iniciáciu náboja 30-06 Springfield SPCE 9,7 g bola použitá veľká pušková zápalka 5,3mm BOXER. [15] Konkrétne ide zápalku typu BOXER 5,3 LR s krycím kotúčikom modrej farby. Citlivosť sa pohybuje v rozmedzí od 50 mm do 250 mm. Hrúbka dna kalíška je 0,63 mm. Ako skúšobné závažie na kontrolu citlivosti zápalky bola použitá guľôčka s hmotnosťou 112 g. [14]

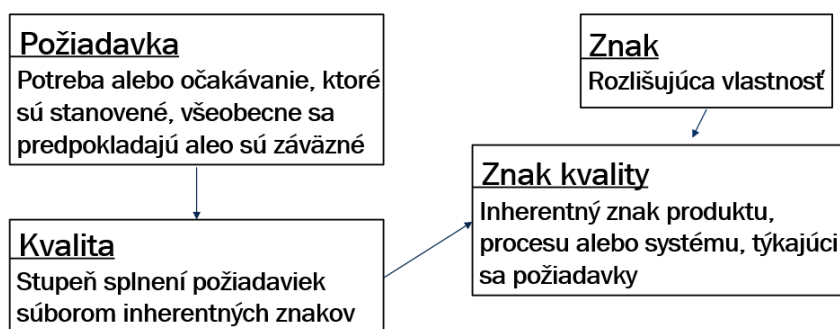
4 KVALITA BICIEHO MECHANIZMU

Kvalita súčastí výrobku priamo ovplyvňuje spokojnosť používateľa so zbraňou. Do výrobku sa vkladá už v počiatkových štádiách životného cyklu. Dosiahnutie zodpovedajúcej kvality je možné napríklad riadením, či kontrolou príslušných procesov. Z pohľadu používateľa predstavuje kvalita splnenie jeho požiadaviek na zbraň a očakávanie úspešnej a bezpečnej streľby.

Kvalita je podľa normy definovaná ako schopnosť inherentných (vlastných) znakov výrobku, či systému plniť požiadavky používateľa. [1]

Vlastný znak reprezentuje rozlíšiteľnú vlastnosť objektu, bicieho mechanizmu, ktorá môže byť kvalitatívna i kvantitatívna. Napríklad hmotnosť, rýchlosť, výkon, spoľahlivosť, udržateľnosť, pohotovosť, či opraviteľnosť. Aktuálnym trendom kvality je predovšetkým orientácia na zákazníka. Preto sa medzi znaky produktu alebo systému zahrňujú vlastnosti požadované zákazníkom aj vlastnosti priamo nepožadované, ale všeobecne očakávané. [2]

Obrázok 20 zobrazuje pojmový diagram, ktorý podrobnejšie vysvetľuje pojmy kvalita, požiadavka a znak. [2]



Obr. 20) Pojmový diagram definujúci kvalitu, požiadavku a znak, upravené podľa [2]

Požiadavky na loveckú zbraň vychádzajú zo zákonov a noriem zaoberajúcimi sa civilnými zbraňami. Normy ČSN triedy 39 – Civilné zbrane a strelivo, obsahujú popis jednotlivých zbraní a ich súčastí, technické požiadavky a popis skúšok. Normy rozširujú požiadavky dané zákonom. [16]

Výrobcovia rozširujú požiadavky na loveckú zbraň o všeobecne zažité zvyklosti pre daný výrobok. Nakoľko je výrobok následne ponúkaný zákazníkovi, v požiadavkách sú zahrnuté i potreby a očakávania zákazníka. Všetky požiadavky na zbraň sú ako celok definované v technických podmienkach výrobcu. Zobrazené sú na obrázku 21. [16]

Nakoľko sa moja práca zaoberá bicím mechanizmom guľobrokovvej kozlice Brno Combo, podrobnejšie budem rozoberať len požiadavky na kvalitu bicieho mechanizmu.



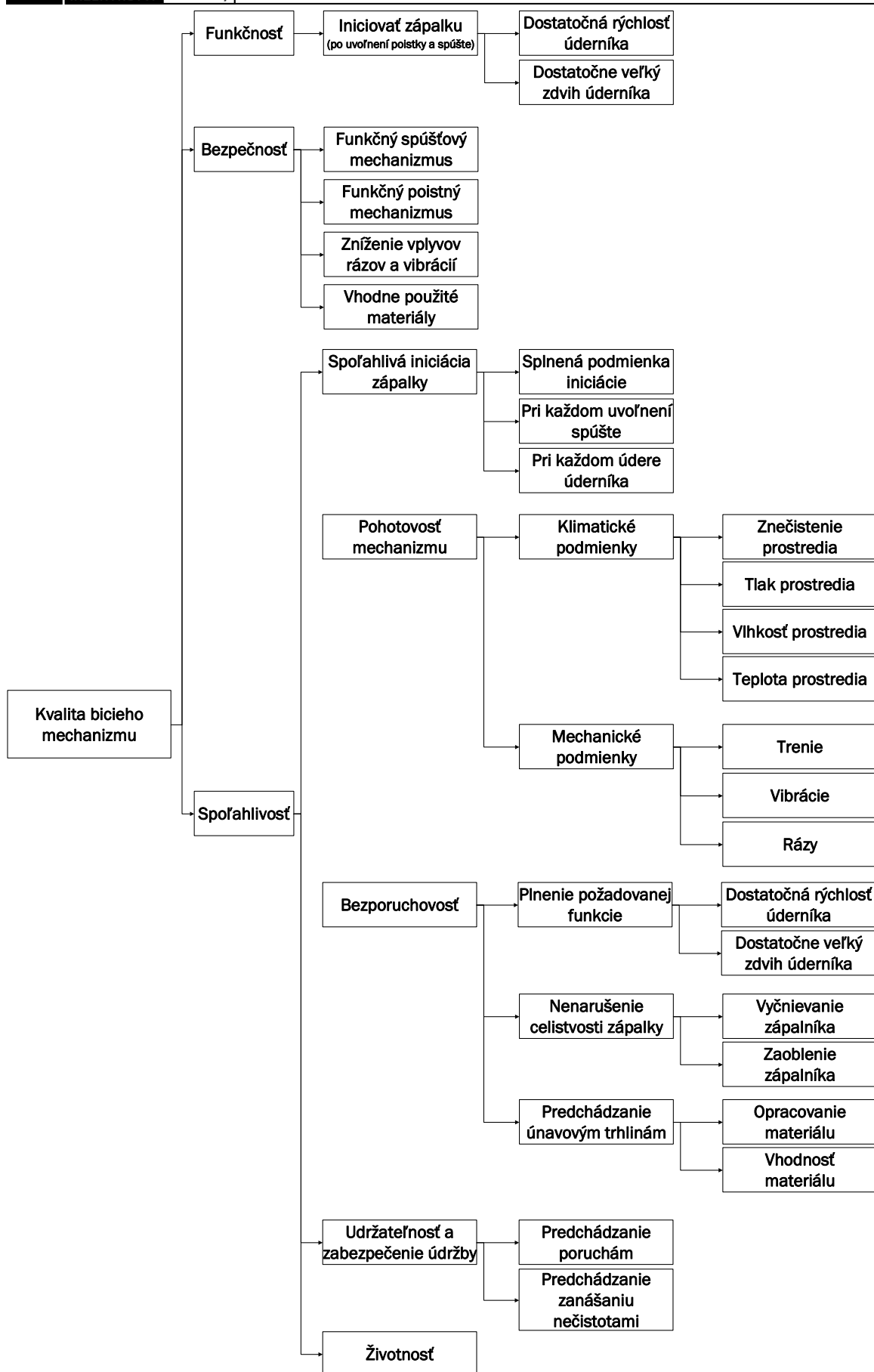
Obr. 21) Požiadavky na loveckú zbraň Brno Combo, upravené podľa [16]

Na dosiahnutie a zabezpečenie kvality produktu je nutné dbať o plnenie požiadaviek na kvalitu. Tie sa týkajú samotnej funkčnosti bieleho mechanizmu, bezpečnosti pri používaní a manipulovaní a spoľahlivosti samotnej iniciácie zápalky (Obr. 22). Ďalšie vlastnosti kvality ako ekologickosť, estetickosť a ergonomickosť, sú pre biele mechanizmus menej významné. Avšak na ergonómiu je treba dbať pri voľbe bielej pružiny, nakoľko tá kladie odpor pri zalamovaní hlavne. Akt zalomenia by mal byť schopný vykonať i výkonnostne podpriemerný používateľ.

Nakoľko sú zbraňové systémy výrobkom obsahujúcim výbušniny, bezpečnostné požiadavky majú väčšiu váhu, než spoľahlivostné. Dbať na bezpečnosť je potrebné po celú dobu životného cyklu objektu. Akékoľvek spoľahlivostné vlastnosti sú bezvýznamné, v prípade nedodržania čo najvyššej úrovne bezpečnosti. [17]

Zbraňové systémy delíme na opravované a neopravované. Po vzniku poruchy opravovaných systémov sa vykoná oprava, ktorej účelom je navrátenie do prevádzkyschopného stavu. Neopravované systémy sú tie, ktoré po poruche neopravujeme. Vykonanie opravy nie je technicky alebo ekonomicky možné. Vznik prvej poruchy teda ukončuje životnosť súčasti. [17]

Zbraň je ako celok výrobok opravovaný, väčšina konštrukčných prvkov sa neopravuje. Aj v prípade bieleho mechanizmu môžeme celý systém považovať za opravovaný, no jeho jednotlivé prvky sú neopravované. Kladivku, úderníku aj zápalníku preto priradíme vlastnosť životnosti.

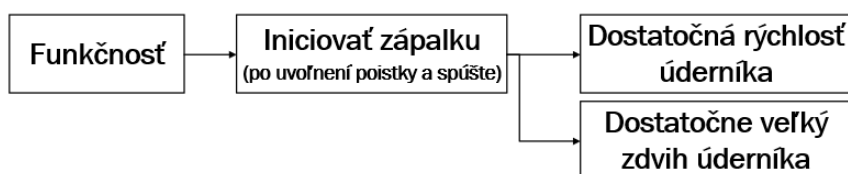


Obr. 22) Požiadavky na kvalitu bicieho mechanizmu

4.1 Funkčnosť

Základnou vlastnosťou produktu je plnenie požadovanej funkcie. Pod týmto pojmom rozumieme naplnenie výsledku činnosti objektu, ktorý je vopred očakávaný a presne špecifikovaný. [17] Funkciu musí preto výrobca poznať ešte pred začatím vývoja produktu. Jedná sa o počiatočné poznanie potreby nového systému alebo o vytvorenie koncepcie modifikácie už existujúceho systému. Definuje sa v predvývojovej fáze životného cyklu produktu. [2]

Naplnenie funkcie je v prípade zbraňového systému výstrel náboja. Ten musí nastať len v prípade odistenia zbrane po stlačení spúšte. Inicializáciou zápalky dôjde ku vznieteniu prachovej náplne nasledovanom urýchlením strely a vymeteniu z hlavne. Náboj získa pohybovú energiu z nárastu tlaku plynov vo vnútri nábojnice. Požiadavky na funkčnosť bicieho mechanizmu sú zobrazené na obrázku 23.



Obr. 23) Požiadavky na funkčnosť bicieho mechanizmu

Funkciou bicieho mechanizmu je inicializovať zápalku po impulze zo spúšťového mechanizmu a to vo chvíli, keď nie je blokovaný poistným mechanizmom. Stlačením spúšte po odistení poistky dôjde k pádu kladivka na úderník. Následne zápalník úderníka udrie na zápalku a nastane zapálenie prachovej náplne. V prípade, že nedôjde ku stlačeniu spúšte alebo, ak je zaistený bicí mechanizmus, tak k výstrelu dôjsť nesmie. Rovnako nesmie dôjsť k výstrelu samotným odistením bez stlačenia spúšte k výstrelu.

4.2 Bezpečnosť

Bezpečnosť je všeobecná vlastnosť objektu definovaná ako stav, v ktorom je riziko ohrozenia (osôb) alebo riziko vzniku škody (na majetku alebo na životnom prostredí) úplne vylúčené, alebo znížené na požadovanú úroveň. [17]

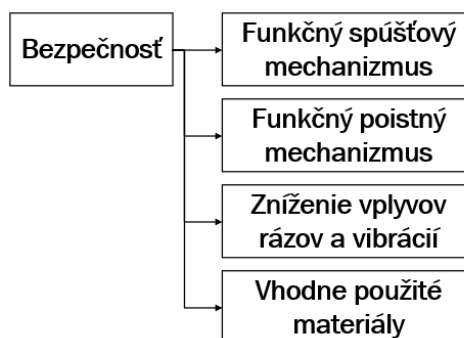
Zbraň, respektíve zbraňový systém považujeme za bezpečný, ak pri žiadnej z jeho funkcií nevzniká človeku ani okolitému prostrediu ohrozenie. Bezpečný systém je teda taký, ktorému nevznikne žiadna porucha, ktorá by ohrozila zdravie alebo život používateľa. [17] V prípade vzniku poruchy by teda mala zdegenerovať do bezpečného stavu. Napríklad poškodením súčiastky, ktorá držala poistku nemôže nastať nekontrolovaný výstrel.

Zbraňový systém musí odolávať pôsobeniu širokého spektra vonkajších vplyvov prostredia i zaťaženiám, vyplývajúcim z jeho použitia bez toho, aby sa stal nebezpečným pre svojho používateľa. Bezpečnosť zbrane musí byť zabezpečená pri bežnej manipulácii, pri preprave v definovaných druhoch prostriedkov, pri skladovaní za stanovených podmienok a pri samotnej prevádzke, kedy plní svoju funkciu. Zabezpečiť bezpečnosť je potrebné aj v poslednej etape životného cyklu zbrane, v priebehu likvidácie. [17]

Z hľadiska bezpečnosti musia zbrane spĺňať podmienky kladené C. I. P. (Stála medzinárodná komisia na skúšky ručných strelných zbraní), Českým úradom pre skúšanie zbraní a streliva, prípadne stanovené technickými požiadavkami. Strelné zbrane nesmú

vykazovať nesprávnu funkciu spúšťového, bicieho, poistného alebo vyhadzovacieho mechanizmu, nesmie dôjsť k samospusteniu pri nabíjaní, odpor spúšte nesmie byť príliš nízky, prevedenie, opracovanie a chod úderníka a zápalníka musia byť nezávadné, držanie kohúta alebo bicieho prvku v záchytech musí byť postačujúce. [18]

Bicí mechanizmus môže iniciovať zápalku, a spôsobiť odpal len stlačením spúšte, a to v prípade, že je odistená poistka. Po odistení zbrane nesmie dôjsť k výstrelu bez toho, aby bol stlačený spúšťový mechanizmus. Taktiež treba zabezpečiť, aby sa používaním nezvyšovala úroveň rizika. Rázy a vibrácie nesmú spôsobiť spustenie druhej hlavne nežiaducim uvoľnením kohútika, čím by nasledoval nechcený výstrel. Požiadavky na bicí mechanizmus sú znázornené na obrázku 24.



Obr. 24) Požiadavky na bezpečnosť bicieho mechanizmu

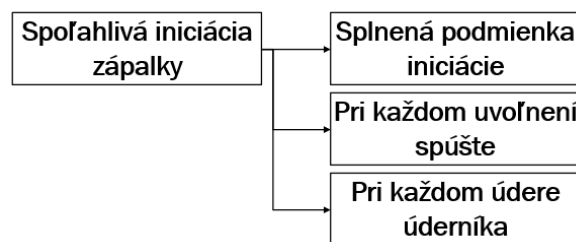
Riziko môže zvyšovať i degradácia jednotlivých prvkov mechanizmu spôsobená zaťažovaním. Materiály súčastí zbrane a streliva musia byť volené tak, aby medzi nimi nedochádzalo k chemickej alebo fyzikálnej reakcii, ktoré by mohli viesť ku zníženiu bezpečnosti. [17]

4.3 Spoľahlivosť

Jednou z najvýznamnejších vlastností výrobku alebo systému je spoľahlivosť. [17] Súhrnne popisuje pohotovosť a faktory, ktoré ju ovplyvňujú, ako bezporuchovosť, udržateľnosť a zabezpečenie údržby. [19] Spoľahlivosť vyjadruje stálosť vlastností po danú dobu a za stanovených podmienok. Teória spoľahlivosti má za úlohu poskytnúť metodiku a nástroje na stanovenie a posúdenie schopnosti objektu plniť požadovanú funkciu. [17]

Z hľadiska spoľahlivosti je bicí mechanizmus opravovaný systém, ale všetky jeho konštrukčné prvky (kladivko, úderník, zápalník) môžeme považovať za neopraviteľné. Neopraviteľným prvkom priradíme vlastnosť životnosti. Systém ako celok má teda svoju bezporuchovosť, nakoľko porucha (napr. zaseknutie) môže nastať i bez toho aby niektorá zo súčastí dosiahla medzný stav.

Úlohou bicieho mechanizmu je spoľahlivo iniciovať zápalku. [4] Tá musí nastať pri každom uvoľnení spúšte, ak je odistená poistka. Na zaručenie iniciácie musí byť deformácia dna zápalky dostatočne veľká pri každom údere úderníka. Zároveň nesmie dôjsť k prepichnutiu zápalky a následnom úniku plynov do mechanizmu. Pretvorenie v zápalky je priamo ovplyvnené rýchlosťou úderu zápalníka. Úder teda musí mať energiu, ktorá prekračuje dolnú medzu iniciácie (zaručene iniciuje), ale nevyvolá deformáciu tak veľkú, že by narušil celistvosť zápalky. Požiadavky na spoľahlivosť bicieho mechanizmu sú zobrazené na obrázku 25.



Obr. 25) Požiadavky na spoľahlivosť bicieho mechanizmu

Pre zaručenie iniciácie je potrebné dostatočné množstvo energie. To sa zo spúšte mechanickými prevodmi prenesie na úderník. Ostrá časť úderníka, zápalník, dopadá na dno zápalky a iniciuje zápal. Pre spoľahlivý zápal musí byť kinetická energia úderníka aspoň 1,5 – krát väčšia než je iniciačná energia zápalky (11). [4]

$$E_{ki, \dot{u}} \geq 1,5 E_{ini, z} \quad (11)$$

Kde: $E_{ki, \dot{u}}$ = kinetická energia úderníka

$E_{ini, z}$ = iniciačná energia zápalky [4].

Tento vzťah určuje podmienku spoľahlivej iniciácie zápalky. Vyplýva z účinnosti prenosu energie medzi bicím mechanizmom a zápalkou. [4] E_{ini} je experimentálne určená iniciačná energia, ktorá závisí na vlastnostiach zápalky. Skúšaná je v pádstroji. [6]

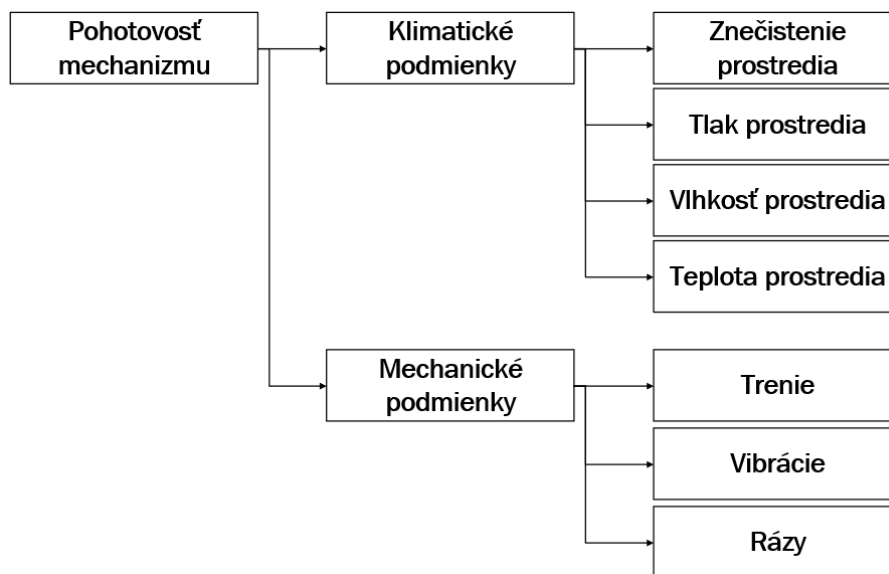
4.3.1 Pohotovosť

Pohotovosť je schopnosť objektu byť v stave, kedy je schopný plniť požadovanú funkciu. To musí byť možné v daných podmienkach, v danom časovom intervale alebo okamihu s predpokladom zabezpečenia potrebných vonkajších zdrojov (pre údržbu). [20] Pod slovným spojením „v daných podmienkach“ sú zahrnuté klimatické podmienky (napr. teplota ovzdušia, vlhkosť, tlak, znečistenie atď.) aj mechanické vplyvy (trenie, rázy atď.), ktoré sa pri používaní, manipulácii alebo uskladňovaní zbrane môžu vyskytnúť. [17]

Hlavné časti bicích mechanizmov ako úderník a kladivko sú pri používaní namáhané rázmi. Zväčšovanie prierehého priemeru namáhanej súčasti zvyšuje napätie v časti s užším priemerom. Preto sa pri konštruovaní úderníka dbá o pozvoľný prechod do jeho užšej časti, zápalníka. Pružný materiál je vhodný pre rázom namáhané časti, nakoľko znižuje pravdepodobnosť vzniku rázu. [6]

Pohotovosť bicieho mechanizmu je schopnosť byť neustále v stave, kde je schopný po odistení poistného mechanizmu a spustení bicieho mechanizmu iniciovať zápal. Musí zaručene dôjsť k iniciácii a pri iniciácii zápalky nesmie dôjsť k narušeniu jej celistvosti. Vplyvom vonkajších podmienok nesmie bicí mechanizmus dôjsť do stavu, že nebude schopný plniť svoju funkciu. To nesmie nastať vplyvom klimatických podmienok ako vlhkosti, teploty, znečistenia, tlaku okolia, ani pôsobením mechanických vplyvov v mechanizme - rázom, vibráciami, či trením. Rázom chápeme impulz, ktorý následne spôsobí mechanické kmitanie, vibrácie. Oba tieto vplyvy nesmú nijako zmeniť funkčný stav zbrane. Nesmie teda dôjsť k zaisteniu, odisteniu, ani vystreleniu. Trenie medzi súčastami mechanizmu sme schopný znížiť zaleštením alebo uložením lôžka s vôľou. Spôsobené je nečistotami, ktoré sa dostanú

do mechanismu, preto úzko súvisí s udržateľnosťou mechanismu. Požiadavky na pohotovosť bicieho mechanismu sú zobrazené na obrázku 26.



Obr. 26) Požiadavky na pohotovosť bicieho mechanismu

4.3.2 Bezporuchovosť

Schopnosť plniť požadovanú funkciu v danom časovom intervale a v daných podmienkach popisuje bezporuchovosť. [20] Splnením funkcie je dosiahnutie výsledku činnosti objektu. Ten je vopred očakávaný a presne určený (napr. bezporuchový počet vykonaných výstrelů). [17]

Bezporuchovosť je vlastnosť opravovaných aj neopravovaných objektů. Dosiahnutie medzného stavu (poruchy) neopravovaných objektů znamená ukončenie životnosti. Ide napríklad o zlomenie kladivka. Významným ukazovateľom bezporuchovosti neopravovaného objektu je stredná doba do poruchy (MTTF - mean time to failure) (12). Určená je hodnotou aritmetického priemeru jednotlivých dôb do poruchy kusů zo sledovanej vzorky[17]. Nakoľko je zbraň aj bicí mechanismus ako celok opravovaný systém, ako významný ukazovateľ môžeme uviesť strednú dobu medzi poruchami (MTBF - mean time between failures) (13). Udáva pomer medzi súčtom prevádzkových dôb sledovaných systémů v danom intervale, k počtu porúch v tomto intervale [17].

$$MTTF = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i \quad (12)$$

Kde: N je počet kusů v sledovanom súbore

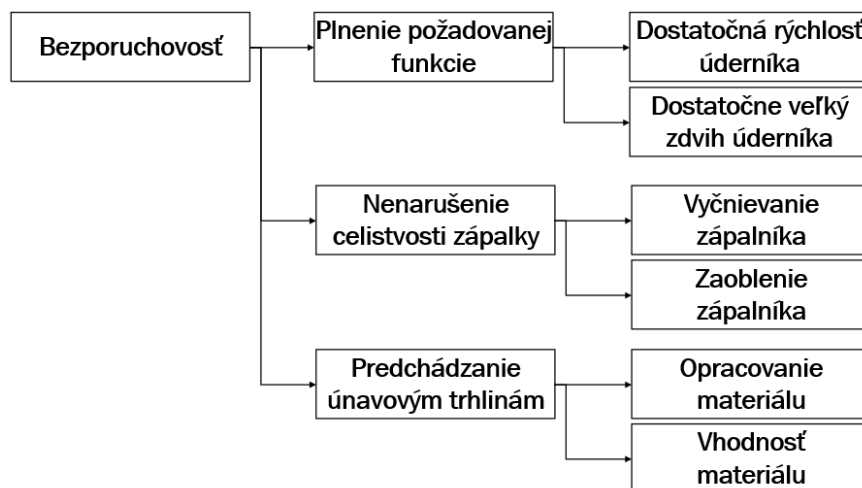
t_i je doba do poruchy i-teho kusu (vzorky) ($i=1, 2, \dots, N$) [17].

$$MTBF = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m t_i \quad (13)$$

Kde: n je počet porúch v sledovanom súbore

t_i je i-tá doba bezporuchovej prevádzky jedného kusu (vzorky) ($i=1, 2, \dots, m; m \geq n$) [17].

V našom prípade je očakávaným výsledkom vystrelenie náboja. Tomu musí predchádzať iniciácia zápalky, dostatočne rýchlo sa pohybujúcim úderníkom s postačujúcim zdvihom. Zápalník musí byť mierne vyčnievajúci zo záporníka [5] a musí byť dostatočne zaoblený. [6] Tým sa predchádza nárazu zápalníka na kovadlinku v nábojnici a následnému vyšľahnutiu plameňa zápalkovej zlože dovnútra zbrane. [11] Súčasti bicích mechanizmov, ktoré boli strojovo obrábané, sú náchylné na vznik únavových trhlín (začínajúce mikrovrubmi). Tým je možné predísť predpísaním operácie brúsenia a leštenia do technickej dokumentácie [6] a použitím odolného materiálu. Všetky požiadavky na zabezpečenie bezporuchovosti bicieho mechanizmu sú znázornené na obrázku 27.

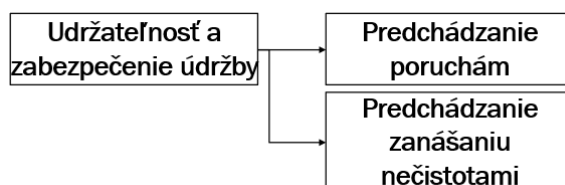


Obr. 27) Požiadavky na bezporuchovosť bicieho mechanizmu

4.3.3 Udržateľnosť a zabezpečenie údržby

Definícia udržateľnosti určuje schopnosť objektu zotrvať v stave alebo sa navrátiť do stavu, aby mohol plniť požadovanú funkciu v daných podmienkach. Popritom musí byť pravidelne a správne vykonávaná preventívna údržba a oprava. [20]

Dlhodobu udržať zbraň v dobrom stave, ktorý umožňuje bezpečne konať svoju funkciu je kľúčová pre všetky zbraňové systémy. Samotné zabezpečenie údržby je pre daný objekt externá vlastnosť. Odráža schopnosť údržbárskej organizácie zaistiť potrebné prostriedky pre údržbu podľa schválenej koncepcie údržby. [20] To umožňuje predchádzať zanášaniam nečistôt do bicieho mechanizmu a vzniku treniu, zadretí, či porúch. Pre bežného používateľa to znamená, že vykonávanie pravidelnej údržby (čistenia) mechanizmu musí byť nenáročné a dostatočné na predchádzanie poruchám. Požiadavky na udržateľnosť a zabezpečenie údržby bicieho mechanizmu sú vyobrazené na obrázku 28.



Obr. 28) Požiadavky na udržateľnosť a zabezpečenie údržby bicieho mechanizmu

4.3.4 Životnosť

Norma charakterizuje životnosť ako schopnosť objektu vykonávať požadovanú funkciu do konca užitočnej doby života. Tá musí byť vykonávaná za daných podmienok používania a údržby. Užitočná doba života je ohraničený časový interval začínajúci prvým použitím a končiaci dosiahnutím medzného stavu. Za prvé použitie nepovažujeme skúšanie funkcie pred predaním objektu koncovému používateľovi. Medzný stav môže byť funkciou intenzity porúch, požiadavky na podporu od oddelenia údržby, zastarania, či iných relevantných faktorov. [20]

Nakoľko je životnosť priradovaná len neopravovaným prvkom, ide o vlastnosť jednotlivých konštrukčných prvkov mechanizmu. Životnosť môže byť vyjadrená počtom funkčných cyklov súčastí mechanizmu. Bicí mechanizmus by nemal mať kratšiu životnosť ako životnosť kľúčových opotrebovávaných častí ako hlaveň a záver. Hlavne majú pri loveckých zbraňach životnosť do 10 000 rán. Preto je potrebné zabezpečiť životnosť bicieho mechanizmu aspoň na rovnaký počet rán. Nakoľko opakovaným používaním súčastí mechanizmu môže dôjsť k cyklickej únave, materiál jednotlivých prvkov musí byť dostatočne pružný.

4.4 Návrh kritérií pre hodnotenie kvality

Aby bolo možné posudzovanie kvality bicieho mechanizmu, je nutné kontrolovať, posudzovať a analyzovať kvalitatívne či kvantitatívne znaky objektu, ktoré sú ukazovateľmi vlastností kvality popísaných v predošlých podkapitolách. V tejto podkapitole sú navrhnuté možné kvalitatívne a kvantitatívne kritériá pre hodnotenie kvality bicieho mechanizmu.

Pre overenie funkčnosti bicieho mechanizmu je na mieste sledovať schopnosť iniciácie zápalky. Najjednoduchší spôsob ako overiť funkčnosť zbrane je výstrelom. To však poskytuje iba výsledok OK/NOK. Ako nástroj pre zlepšovanie je toto hodnotenie príliš hrubé.

Hodnotiacim kritériom by mohla byť rýchlosť úderníka, prípadne jeho zdvih, ktoré nie je možné kontrolovať v podmienkach sériovej výroby pri výstupnej kontrole. Meranie rýchlosti by bolo možné vysokorýchlostnou kamerou, no vyžadovalo by odstránenie hlavni, demontáž bočnice lôžka a zrejme aj jeho úpravu frézovaním.

Nakoľko priame meranie vyššie vymenovaných veličín je mimoriadne nepraktické, je nutné sa zamerať na nepriame spôsoby ohodnotenia funkcie mechanizmu. Takýto spôsob predstavuje meranie deformácie zápaliek vystrelených, ale aj zlyhaných nábojov. Geometria deformácie totiž logicky závisí na tvare zápalníka, jeho kinetickej energii a na jeho zdvihu.

Na bezpečnosť zbraňového systému sa kladie veľký dôraz, preto sú kritériá naň stanovené medzinárodnými pravidlami C. I. P. alebo Českým úradom pre skúšanie zbraní a streliva (prípadne, technickými požiadavkami). Znak bezpečnosti pre bicí mechanizmus sa týkajú konania správnej funkcie. Dôraz sa kladie na konštrukciu a chod úderníka a zápalníka. Testovaná musí byť i dostatočnosť držania bicieho prvku v záchyte. [18] Vložením náboja a navrátením hlavňového zväzku do východiskovej polohy dôjde k miernemu vtlačeniu vytŕčajúceho zápalníka do vnútra lôžka. Pri tomto úkone nesmie dôjsť k odpalu. Ide o kontrolovaný parameter pri sériovej výrobe.

Spoločnosťou bicieho mechanizmu chápeme zaručenie iniciácie zápalky. K tomu je potrebné udeliť úderníku dostatočne veľkú pohybovú energiu. Keďže mechanické straty v mechanizme nie je jednosťupne popísať, bicia pružina sa navrhuje na aspoň 1,5 násobok iniciačnej energie zápalky. [4] Samotná dopadová energia zápalníka nie je merateľná priamo.

Nepriamo ju môžeme dopočítať z jeho rýchlosti, no ako bolo zmienené vyššie jej meranie nie je vhodné pre výstupnú kontrolu.

Pri opravovaných objektoch môžeme sledovať koeficient inherentnej (vlastnej) pohotovosti alebo prevádzkovej (technickej) pohotovosti. Oba koeficienty predstavujú pravdepodobnosť, že sa systém nachádza v prevádzkyschopnom stave v danom okamihu a za daných podmienok. Inherentný koeficient pohotovosti sa vzťahuje na dobu používania, ktorá zahŕňa len dobu prevádzky a dobu aktívnej poruchy. Prevádzkový koeficient je rozšírený i o všetky druhy prestojov preventívnej údržby a opravy, vrátane administratívneho a logistického meškania. [17] Kvantitatívne je možné oba koeficienty vyhodnotiť skúšaním a sledovaním zbrane počas celého životného cyklu. To je možné niekoľkými spôsobmi napríklad výberovou skúškou konkrétneho počtu zbraní zo série.

Vhodné kritéria pre sledovanie bezporuchovosti sú MTTF a MTBF. Stredná doba do poruchy (MTTF) je ukazovateľ vhodný pre hodnotenie neopravovaných súčastí mechanizmu, ako napríklad úderník, či zápalník. Keďže je bicí mechanizmus ako celok opraviteľný systém, opodstatnené je i sledovanie strednej doby medzi poruchami (MTBF). [17] Ukazovatele bezporuchovosti je možné sledovať podobne ako ukazovatele pohotovosti sledovaním počas celej doby životného cyklu.

Pre hodnotenie kvality udržateľnosti a zabezpečenia údržby je vhodné sa zamerať napríklad na strednú dobu preventívnej údržby alebo strednú dobu opravy. [17] Pod dobou preventívnej údržby chápeme pravidelné čistenie a dobu, ktorú si vyžaduje. Oprava pri zbraňových systémoch zahŕňa logistickú prepravu do opravného zariadenia, vykonanie aktívnej opravy a naspäť, pričom je zbraň po celú dobu evidovaná.

Životnosť je vlastnosť priradovaná len neopravovaným prvkom. Vyjadrená môže byť počtom funkčných cyklov súčastí. Bicí mechanizmus nie je používaním výrazne opotrebovávaný, ako napríklad hlaveň. Kritériom životnosti by preto mohlo byť zabezpečenie dlhšej doby funkčnosti než je doba funkčnosti hlavne. Sledovať životnosť prvkov mechanizmu je možné zo záznamov o používaní zbrane pri výberovej skúške zo série alebo zo záznamov o používaní zbraní na strelniciach.

Podľa pokynov vedúceho sa v tejto práci budem zaoberať analýzou deformácie zápalky vzniknutej úderom zápalníka. Ide o analýzu vhodnú pre výstupnú kontrolu, nakoľko nevyžaduje úpravu zbrane ani špeciálne meracie pomôcky.

5 MIKROSKOP ALICONA G4 INFINITEFOCUS

Alicona G4 InfiniteFocus je metrologické zariadenie, ktoré trojrozmerné vyhodnocuje tvar a charakter povrchu. Na meranie vlastností povrchu sa využíva jeden multifunkčný senzor. Mikroskop pracuje na báze Focus Variation (variácia zaostrovania). [21] Ide o postupné snímanie malej plochy vzorky objektívom, ktorý sa posúva vertikálne. Zo získaných topografických informácií sa vyberú zaostrené časti a pospájajú sa do trojrozsomernej mapy povrchu. [22]

Mikroskop (Obr.29) je vybavený súosovým osvetlením a optimalizovaným kruhovým osvetlením LED, ktoré umožňujú široký rozsah merateľných povrchov i pri meraní strmých bokov. [21] Pri 100 násobnom zväčšení objektívu je dosahované vertikálne rozlíšenie až 10 nm. Mikroskop umožňuje i meranie technológiou Real 3D, ktorá je schopná vyhodnotiť plný tvar komponentu. [21]



Obr. 29) Alicona InfiniteFocus G4 [21]

5.1 Technická špecifikácia

Podrobná technická špecifikácia je uvedená v tabuľke 1. Pri 100-násobnom zväčšení je možné hodnotiť 0,03 nm² povrchu skúmaného objektu.

Tab 1) Technická špecifikácia mikroskopu Alicona G4 InfiniteFocus, upravené podľa [21]

Zväčšenie objektívu		2.5×	5×	10×	20×	50×	100×
Pracovná vzdialenosť	mm	8.8	23.5	17.5	19	11	4.5
Rozsah laterálneho merania (X, Y)	mm	5.63	2.82	1.62	0.81	0.32	0.16
Rozsah laterálneho merania (X x Y)	mm ²	31.7	7.85	2.62	0.66	0.01	0.03
Vertikálne rozlíšenie	nm	2300	410	100	50	20	10
Presnosť kroku výšky (1 mm)	%	n.a.	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Max. merateľná oblasť	mm ²	10000	10000	10000	10000	3965	990
Max. merateľná oblasť voliteľne	mm ²	40000	40000	40000	24780	3965	990
Min. merateľná drsnosť (Ra)	μm	7	1.2	0.3	0.15	0.06	0.03
Min. merateľná drsnosť (Sa)	μm	3.5	0.6	0.15	0.075	0.03	0.015
Min. merateľný polomer	μm	20	10	5	3	2	1

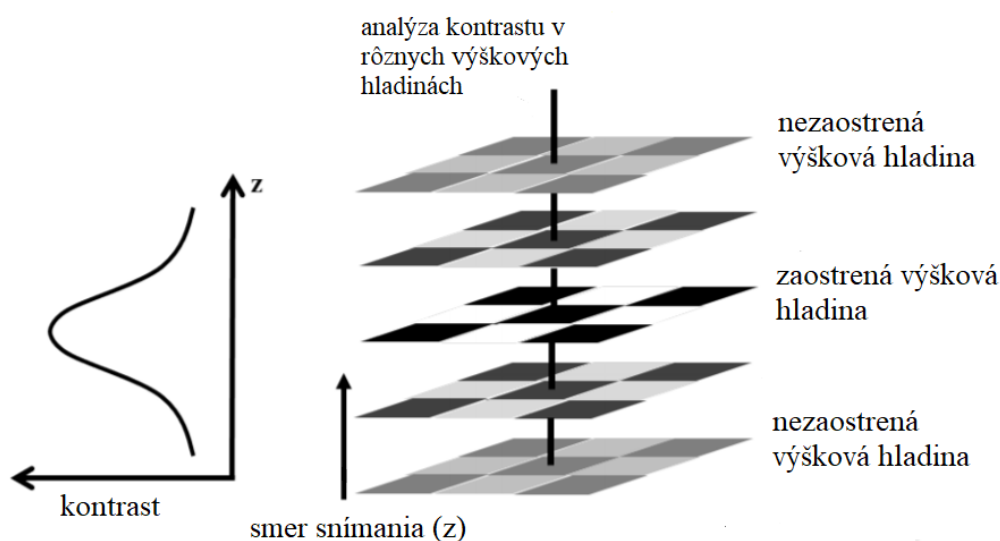
5.2 Technológia Focus Variation

Mikroskop Alicona G4 InfiniteFocus využíva metódu Focus Variation, ktorá umožňuje detailné meranie s hodnotami odchýlok uvádzanými v mikrometroch. Vertikálna pohyblivosť objektívu umožňuje pracovnú vzdialenosť v rozsahu od 4,5 do 8,8 mm. [21]

Hlavnou časťou systému je svetelný mikroskop osvetľujúci objekt zhora. Optická sústava obsahuje 3 základné šošovky. Šošovku kondenzora zaostrujúcu svetlo vyžarované zo zdroja svetla na povrch. Objektívovú šošovku na zachytenie rozptýleného svetla odrazeného z povrchu objektu. A šošovku okulára, ktorá obracia obraz vytvorený objektívovou šošovkou. [23] Šošovkový systém je kombinovateľný s rôznymi objektívmi umožňujúcimi meranie s rozličným rozlíšením. [21] Na digitálne zaznamenanie digitálneho obrazu je použitá CCD (charge-coupled device) kamera. Vertikálne posuvný objektív umožňuje snímanie rôznych výškových hladín. [23]

Pri hĺbkovom meraní pomocou Focus Variation využívame fakt, že ostrý obraz je dosiahnuteľný, keď bod na ktorý zaostrujem leží v intervale hĺbky ostrosti objektu. Preto pohybujeme objektívom len v malých krokoch a zaznamenávame polohu. Následne po zmeraní viacerých výškových hladín vyberieme v každej hladine body, ktoré boli práve zaostrené a priradíme im výškovú súradnicu. [24] Detektor ich rozpozná podľa narastajúcej hodnoty kontrastu. Zaostrené body spolu vytvoria hĺbkovú mapu povrchu. [23]

Obrázok 30 zobrazuje rôzne výškové hladiny v intervale hĺbky ostrosti hodnoteného povrchu. Snímanie začína najnižšou hladinou a postupne sa cez zaostrenie dostáva do hladiny úplne nezaostrenej. Naľavo je zobrazený graf znázorňujúci nárast kontrastu v zaostrenej oblasti snímania. Graf je pootočený aby kopíroval smer snímania povrchu v osi z. [23]

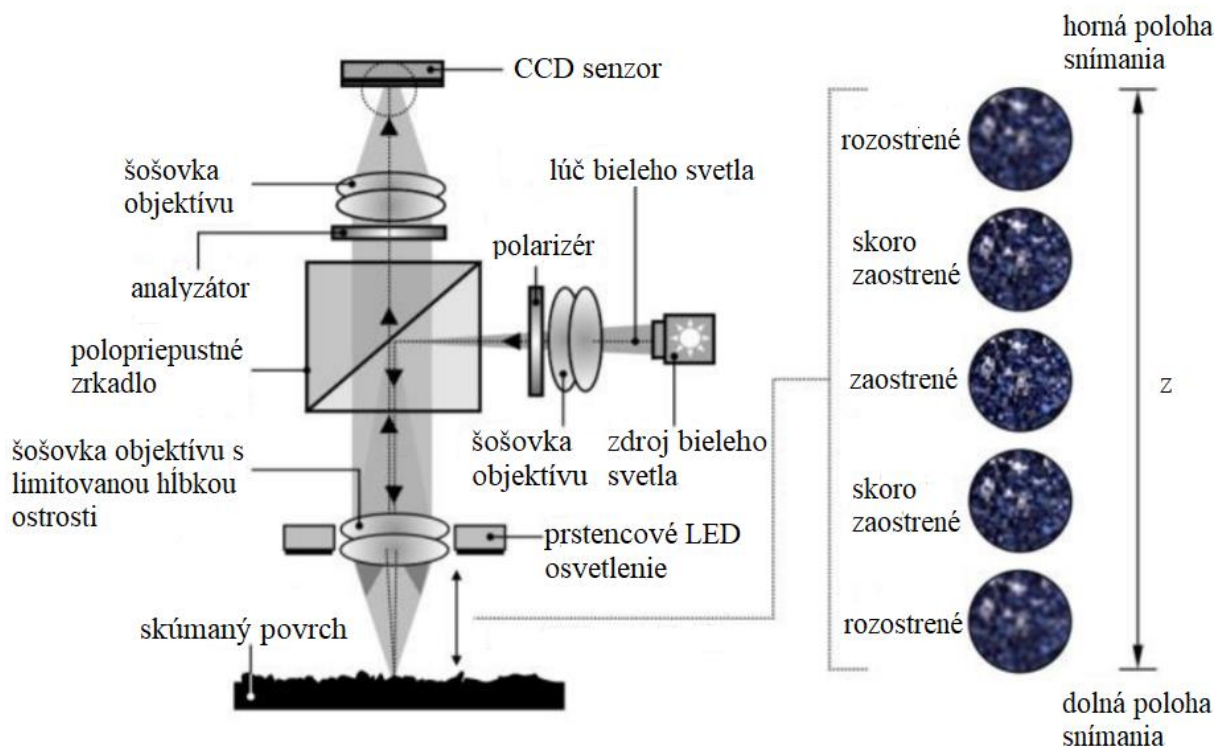


Obr. 30) Výškové hladiny v intervale hĺbky ostrosti povrchu s poukázaním na zmenu kontrastu, upravené podľa [23]

Systém má 4 základné komponenty: presný optický systém s limitovanou hĺbkou ostrosti na detekovanie najlepšieho zaostrenia, osvetľovacie zariadenie, CCD senzor na detekovanie najlepšieho zaostrenia, pohonnú jednotku pre objektív. [24]

Na obrázku 31 je znázornená všeobecná schéma fungovania technológie Focus Variation. Lúč bieleho LED svetla prechádza cez polopriepustné zrkadlo a šošovky objektívu na relatívne malú oblasť hodnoteného objektu. Kvôli rôznorodosti povrchu a odrazivosti vzorky nie je svetlo sústredené do jedného bodu, ale je odrážané do rôznych smerov. [24] Čo najväčšie množstvo odrazených lúčov sa zachytí objektívom a cez šošovky sa dostane na CCD senzor. Ide o fotoelektrický detektor, kde sa formuje obrazová informácia obsahujúca fotometrický

(farbu, jas a kontrast) i geometrický (dĺžku a šírku) charakter. Jednotka spracovania signálov vyhľadáva len zaostrené obrazové informácie. [22]



Obr. 31) Princíp fungovania technológie Focus Variation pri hodnotení rovinnej plochy, upravené podľa [22]

Vertikálny posuv objektívu je potrebný pri zbere dát z povrchu, nakoľko umožňuje zreteľné a kontinuálne zosnímanie všetkých oblastí vzorky. [21] Snímky sa následne pospájajú do výslednej trojrozmernej mapy povrchu. [22]

5.2.1 Využitie Focus Variation

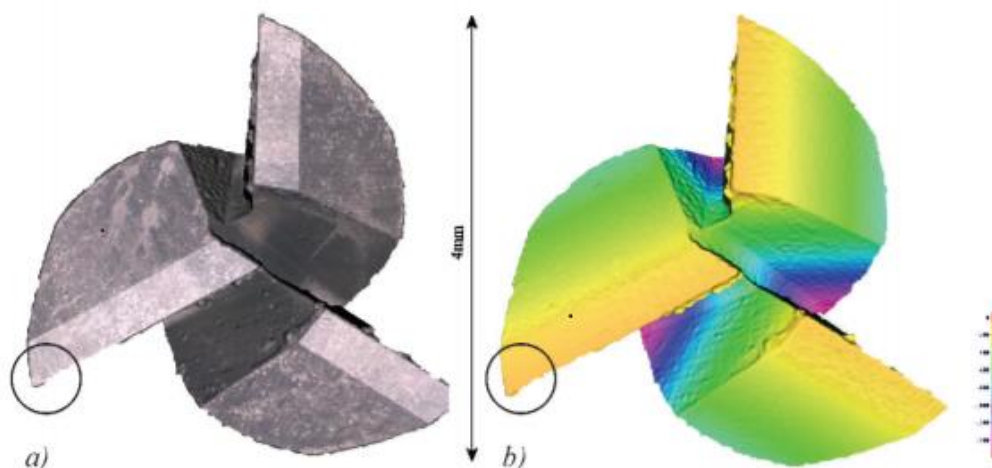
Technológia Focus Variation poskytuje nielen vertikálne informácie o povrchu ale i farebný obraz v celej hĺbke ostroty (Obr. 32). Táto vizualizácia povrchu napomáha pri samotnom meraní. Uľahčuje identifikáciu a lokalizáciu meraných oblastí alebo charakteristických vlastností povrchu. Vizuálna korelácia medzi optickým farebným obrazom povrchu vzorky a jeho informáciou o hĺbke je často navzájom prepojená, a preto je základným aspektom zmysluplného 2,5D merania. Táto technika spočíva v analýze zmeny zaostrenia, preto je použiteľná len na povrchy, kde sa počas vertikálneho skenovania zaostrenie dostatočne líši. Povrchy, ktoré nespĺňajú túto požiadavku, ako sú priehľadné vzorky alebo komponenty s malou lokálnou drsnosťou, sú ťažko merateľné. [21]

Pre mikroskop Alicona G4 InfiniteFocus je problematické zobrazovanie leštených a transparentných povrchov. Leštený povrch má drsnosť výrazne menšiu, než je hĺbka ostroty mikroskopu. [23] Nakoľko je Focus Variation založené na hľadaní ostrých bodov pri horizontálnom posuve objektívu, v prípade lešteného povrchu sú body tak blízko pri sebe, že vidím buď všetky ostro alebo rozmazané. Jemné rozlíšenie bodov od seba je teda problematické. V prípade transparentného, priehľadného povrchu ostré body vôbec nenájdem. Vidíme len povrch ležiaci v pozadí. [23]

Táto technológia sa používa na meranie 3D povrchu s vysokým rozlíšením, pre zabezpečenie kvality vo výrobe, ako aj pre výskumné a vývojové činnosti v laboratóriu. Zaručuje opakovateľnosť výsledkov pri meraní povrchov s miestnou Ra 0,009 μm a lc 2 μm . Najčastejšou aplikáciou je povrchová analýza napr. pri výrobe nástrojov a foriem, presnej výrobe, leteckom a kozmickom priemysle, automobilovom priemysle. Často je používaná i pri výskume všetkých druhov vied o materiáloch, korózii a tribológii, elektronike, či vývoja zdravotníckych pomôcok. [21]

Dake Xu do svojej dizertačnej práci skúmal mikrobiologicky ovplyvnenú koróziu mäkkej ocele, používanej napríklad v potrubiach jadrových elektrární. Mikroskop s Focus Variation od firmy Alicona bol použitý na hĺbkové hodnotenie koróziou poškodennej vzorky v niekoľkodňovom intervale. [25]

Danzl, R. Helml, F. Scherer, S. v článku vydanom v roku 2011 v časopise Journal of Mechanical Engineering pojednávajú o použití technológie Focus Variation na hodnotenie drsnosti, tvaru a opotrebenia povrchu materiálu. Metóda sa ukáže byť vhodná na meranie opotrebenia rezných nástrojov (Obr.32) a kontrolu a klasifikáciu zváraných plôch. Obe použitia potvrdia schopnosť meradla hodnotiť povrchy so sklonom do 80° i povrchy s odrazovými vlastnosťami. [26]



Obr. 32) Zobrazenie frézovacieho nástroja Mikroskopom Alicona, krúžkom označená oblasť následne detailne hodnotená a) v skutočných farbách b) použitá umelá škála farieb definujúca rozdielne hĺbky povrchu. [26]

Vďaka svojim technickým špecifikáciám sa technológia Focus-Variation používa na meranie tvaru aj drsnosti povrchov. [21]

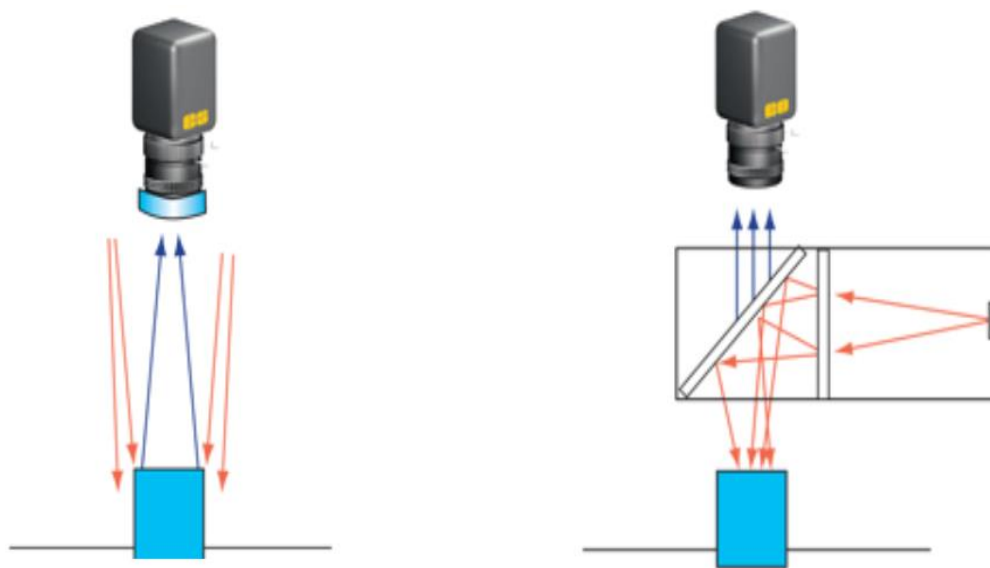
5.2.2 Vhodnosť použitia metódy Focus Variation na hodnotenie vpichu po úderníku

V roku 2010 bol v časopise AFTE (Association of Firearm and Tool Mark Examiners) vydaný článok porovnávajúci výhody a nevýhody aktuálne dostupných pozorovacích metrologických metód vhodných pre využitie v balistike. Praktický výskum bol vykonaný hodnotením nábojníc a nábojov strelných zbraní. Porovnávané technológie boli: koherenčná rastrovacia interferometria, bodová laserová profilometria, konfokálna mikroskopia a Focus Variation. Štúdia bola zameraná len na nedeštruktívne, optické a bezkontaktné metódy. Boli pozorované tri hlavné aspekty. Prvý aspekt sa týka pracovnej vzdialenosti. Ak táto vzdialenosť nepresahuje hĺbku pozorovaného povrchu, pri meraní s automatizovaným systémom dôjde ku kolízii. Druhý aspekt sa týka vertikálneho a laterálneho rozlíšenia. To určuje veľkosť najmenšieho povrchu,

ktorý sa dá merať. Tretí aspekt je maximálny sklon povrchu vzorky vzhľadom na hlavu snímača. Technológia Focus Variation splnila všetky požadované kritériá. Za najväčšiu výhodu technológie bola považovaná schopnosť zobrazovať sklon povrchu do 89° a pracovná vzdialenosť od 4,5 do 8,8 mm. Tieto vlastnosti umožňujú hodnotenie hĺbkových prvkov ako napríklad vpichy po úderníku v použitých zápalkách. [27]

5.3 Osvetlenie vzorky

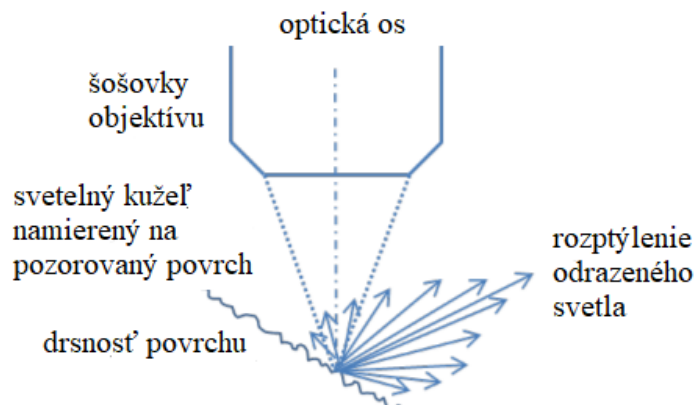
Osvetlenie použité na mikroskopické meranie má významný vplyv na konečnú kvalitu obrazu. Pri meraní mikroskopom Alicona G4 InfiniteFocus je možné použiť kruhové LED osvetlenie alebo súosové osvetlenie (Obr. 33). [21]



Obr. 33) Možnosti osvetlenia. Zľava: prstencové osvetlenie, súosové osvetlenie [28]

Výhodou súosového osvetlenia je absencia tieňa. Je ideálne pre hladké a reflexné povrchy, keď je potrebné posúdiť jemné trhliny alebo kvalitu povrchu. Prstencové LED osvetlenie umožňuje rovnomerné osvetlenie vzorky. [28] Je používané v prípade, nedostatočnosti súosového osvetlenia, ktoré zlyháva v prudkom stúpaní povrchu objektu (Obr. 25). Kruhové prstencové svetlo osvetľuje vzorku z viac nakloneného uhla. To zvyšuje množstvo odrazeného svetla z bočných plôch do optickej sústavy a následne do detektoru. Použité LED osvetlenia má výhodu nízkeho vyžarovania tepla, nakoľko tepelná rozťažnosť vzorky negatívne ovplyvňuje kvalitu merania. [23] Výber vhodného osvetlenia umožňuje vyhodnocovanie povrchu v sklone 87° . [21]

Obrázok 34 demonštruje rozptýlenie svetla zo šikmého povrchu, na ktorý dopadajú lúče zo zdroja osvetlenia v horizontálnom smere. S narastajúcou šikmostou povrchu sa zvyšuje množstvo lúčov odrazených mimo detektor. Ak nie sme schopný zachytiť odrazené lúče z povrchu pozorovanej oblasti, vo výslednej mape povrchu sa budú vyskytovať nezosnímané plochy. [23]



Obr. 34) Rozptýlenie svetla súosového osvetlenia z povrchu s veľkým stúpaním, upravené podľa [23]

Osvetlenie pozorovanej vzorky je regulovateľné. Intenzita osvetlenia nie je konštantná, je možné ju nastaviť podľa potreby. Generovaná môže byť automaticky signálovým generátorom. Neustále sa meniacia intenzita osvetlenia umožňuje zhromažďovanie väčšieho množstva dát o povrchu vzorky. [21]

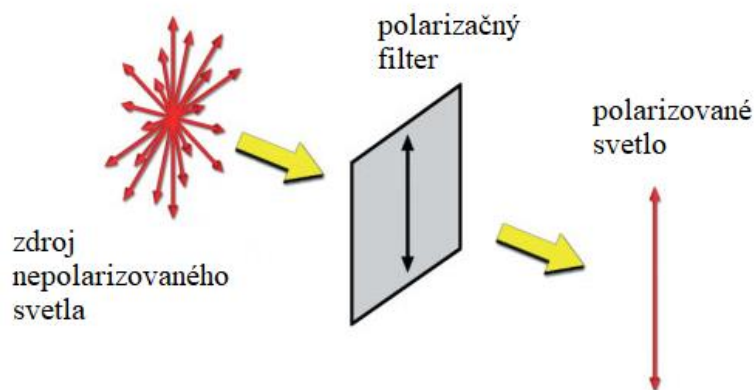
5.4 Polarizačný filter

Ideálny povrch na skúmanie technológiou Focus Variation je rovinný, bez výraznej štruktúry. Pri výrobných procesoch však vznikajú štruktúrované povrchy. Osvetlenie takýchto povrchov môže spôsobiť zrkadlové odrazy. Tie často vznikajú i pri osvetlení šikmých plôch. Zrkadlové plochy svetlo odrazia a teda sú nedostatočne osvetlené, a naopak inú plochu osvetlia až príliš. Vloženie polarizačného filtra umožňuje elimináciu priečne šíreného žiarenia. [23]

Polarizované svetlo je elektromagnetické žiarenie, ktorého vlny (vektory) vibrujú v rovnobežných rovinách. Prirodzene vzniká napr. odrazom slnečného žiarenia od sklenenej plochy. Toto odrazené žiarenie je rovinné paralelné, nazývané i lineárne polarizované. [29]

Polarizácia svetla môže nastať tromi spôsobmi. Odrazom alebo i lomom svetla dôjde k čiastočnej polarizácii. Dvojlom je typický pre kryštály, ktorých optické vlastnosti sú závislé na smere prechádzajúceho lúču. Dopadom lúču na kryštál dôjde k lomu na dva lúče. Jeden lúč sa šíri podľa zákona lomu. Index lomu druhého lúča nie je konštantný. Oba sú lineárne polarizované. Posledným spôsobom vzniku polarizovaného svetla je použitie polarizačných filtrov. [29]

V mikroskopoch sa využívajú absorpčné polarizátory – polarizačné filtre. Základom sú rovnobežne usporiadané polodlhé častice (molekuly). Ak je smer pôsobiacich lúčov rovnobežný s osami častíc filtra, lúče čiastočne preniknú cez filter (Obr. 35). Naopak, ak sú lúče kolmé na osi častíc filtra, všetky sú odfiltrované. Po dopade polarizačného svetla na povrch vzorky dochádza k otočeniu roviny šírenia svetla (čiastočnému alebo úplnému odrazu). Tieto odrazené lúče sú následne zachytávané analyzátorom. Ten podobným princípom ako polarizačný filter určuje rovinu polarizovaného lúča, ktorého orientáciu nepoznáme. [29]



Obr. 35) Princíp fungovania polarizačného filtra, upravené podľa [29]

Použitím polarizačného filtra sa zlepši kvalita obrazu a zníži intenzita osvetlenia. Doba merania sa však výrazne zvýši v porovnaní s meraním bez filtra. [23]

5.5 Konfigurácia

Pri meraniach boli použité dve nastavenia meradla.

Na snímání vpichov zápalek bol použitý objektív so zväčšením 5x. Rozsah plošného merania bol $7,85\text{mm}^2$. Súosové osvetlenie bolo nastavené na hodnotu 0,05. Prstencové osvetlenie umožňujúce osvetlenie šikmých povrchov bolo nastavené na hodnotu 0,17. Pôsobenie svetla na každú hladinu ostrosti trvalo 21,7ms. Aplikovaná hodnota kontrastu bola 0,91. Použitý bol i polarizačný filter na zníženie zrkadlovej odrazivosti medzi jednotlivými plochami. Jedno meranie trvalo cca 2 minúty. Dobu merania výrazne predĺžilo pridanie polarizačného filtra.

Na snímání polohy zápalky voči dnu nábojnice som použila objektív s rozlíšením 2,5x. Nastavenie súosového osvetlenia bolo ponechané na hodnote 0,05. Rovnako nezmenená zostala intenzita prstencového osvetlenia (0,17) i hodnota kontrastu (0,91). Osvetľovanie každej hladiny ostrosti bolo nastavené na 21,8 ms. Do optickej sústavy bol opäť vložený polarizačný filter. Z dôvodu potreby zosnímania väčšej plochy, typ 3D Dataset. Ten umožňuje postupné zosnímanie viacerých plôch, ktoré sú následne spojené do jednej mapy povrchu. Doba jedného merania sa predĺžila na takmer 4 minúty.

6 SPÔSOB MERANIA A SPRACOVANIA DÁT

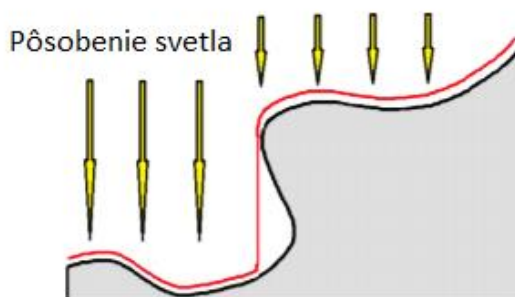
V práci sa zaoberám hodnotením spoľahlivosti odpalu kozlice Brno Combo. Meriam objem deformácie vpichu v zápalky po odpálení úderníkom. Mikroskop Alicona InfiniteFocus G4 vykoná na vzorke 2,5D meranie. Pre jeho správnosť je nevyhnutné zabezpečiť vhodnú polohu merania. Vpich je potrebné snímať pod uhlom dopadu úderníka, tak aby neboli žiadne jeho hrany zakryté. Optická metóda, použitá na hodnotenie objemu je popísaná v tejto kapitole. Definované sú i parametre, ktorých vyhodnotenie je vhodné na analýzu topografických prvkov plochy.

6.1 2,5D meranie

Pri výškovom meraní zisťujem výškové rozdiely medzi jednotlivými bodmi povrchu. Údaje o povrchu objektu získavam len z jedného uhla, kde je umiestnený senzor. Tento snímač meradla meria vždy len najkratšiu vzdialenosť k bodu na povrchu. Preto je pre každé súradnice x , y je priradená len jedna hodnota súradnice z . Táto vlastnosť obmedzuje množstvo tvarov, ktoré je možné analyzovať. Skutočné objemové dáta vedia snímať len niektoré 3D mikroskopy (napr. konfokálny laserový mikroskop), no materiál vzorky musí byť kompatibilný s použitým meradlom. Možno je to napríklad pri pozorovaní sklenených vlákien či biologických buniek, ktoré sú priehľadné v spektre, v ktorom mikroskop pracuje. [30]

Natočenie samotného povrchu je veľmi dôležité. Prvky schované pod uhlom, neviditeľné z pohľadu senzoru, sú úplne nemerateľné. [30] Na obrázku 36 je zobrazené zosnímanie šikmého výstupku povrchu. Šípky znázorňujú smer pôsobenia osvetlenia a červená čiara zosnímaný povrch. Susediace zaostrené body sú automaticky spojené softwarom a teda tvoria horizontálnu stenu. Oblasť pod výstupkom je teda nezosnímaná. [23]

V našom prípade musíme merať vpich v zápalky pod uhlom akým udieral úderník, aby sme videli celý objem priehlbiny. Použili sme prípravok (stojan) zhotovený Zbrojovkou Brno s. r. o. Naklonením vzorky nie je vzdialenosť medzi objektívom meradla a rovinou plochou dna nábojnice kolmá. To spôsobuje skreslenie hodnoty objemu vpichu.



Obr. 36) Zosnímanie šikmého výstupku povrchu, upravené podľa [23]

I snímanie povrchu s prudkým sklonom je problematické a často nedosiahnuteľné jediným meraním. Nakoľko je 2,5D meranie vykonávané len jedným senzorom vo vertikálnom smere, na ploche s prudkým stúpaním vždy dochádza ku skresleniu. Výrobcovia meradiel preto uvádzajú parameter, maximálny snímaný sklon, v technickej špecifikácii meradla. [30]

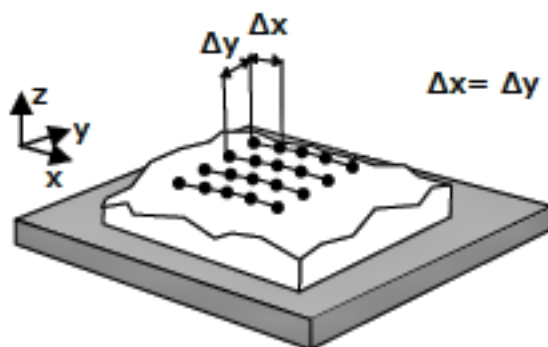
Absencia dát vznikajúca pri snímaní šikmo vyčnievajúcich tvarov spôsobuje, že ich nikdy neobjavíme na povrchu objektu. Na vyplnenie týchto prázdnych miest je možné použiť softwarové nástroje (napr. Mountains Software). Takáto manipulácia dát však môže spôsobiť nepresnosti v hodnotách parametrov povrchu či štatistických analýzach. [23]

Dáta, získané hodnotením povrchu z jedného smeru, sú veľmi špecifické. Nezískame totiž 3D informáciu o objekte ale iba tzv. 2,5D geometriu. Geometrický model je získaný z výškových máp. Jeho úplnosť (3D model) nie je možná bez viacnásobných meraní vykonávaných pri odlišných orientáciách sondy alebo vzorky. Kompenzujú sa tak chýbajúce, nenasnímané časti a teda nepresnosti snímania. [30]

Nevýhody 2,5D snímania sú pri analýzach povrchovej úpravy už dlho akceptované. Mnohé výrobné procesy sú v podstate 2,5D (napr. leptanie či lakovanie). Ich hodnotenie je zamerané len na funkčné požiadavky a typy tolerancií, ktoré môžu byť vyjadrené i v 2,5D priestore. [30]

6.2 Rastrové skenovanie

Rastrovaním chápeme snímanie povrchu, na ktorý premietam mriežku ako je zobrazené na obrázku 37. Povrch je teda rozdelený do mnohých riadkov a stĺpcov. Jednotlivé body v mriežke kopírujú tvar povrchu.



Obr. 37) Snímanie povrchu metódou rastrovania [30]

Na povrch premietneme pravidelnú mriežku, podľa ktorej povrch snímame. Rozstup a veľkosť snímaných plôšok umožňuje určenie vlnových dĺžok zachytených snímačom. Jednotlivé body s rovnomerným rozstupom sú zaznamenávané optickým snímačom. [30] Vzdialenosť bodov by mala byť čo najmenšia, aby boli zosnímané výškové zmeny povrchu. Pozornosť by mala byť zameraná hlavne na okrajové body mriežky, nakoľko tie sú automaticky spájané softwarom. Ak sa výšková abnormalita nachádza v okrajovom bode, lúče svetla môžu byť odrazené mimo detektor a môže nastať skreslenie v tejto oblasti. [23]

Pri analýze geometrie povrchu rastrovým skenovacím procesom predpokladáme, že bude povrch vzorky hladký a pravidelný (napríklad horizontálna rovina). Analyzovaná je často abnormalita či porušenie pravidelnosti, takže akákoľvek výšková odchýlka od profilu povrchu. Vlnenie odrazené od takéhoto povrchu je reprezentované harmonickými kmitmi rôznych amplitúd a vlnových dĺžok. [30]

Keď skúmame povrch objektu, je základná geometria známa (vo forme geometrického modelu). Geometria hrán či oblastí s vysokým zakrivením je hodnotená pri meracom procese.

Pri použití prístrojov založených na rastrovom skenovaní je treba vziať na vedomie, že väčšina je schopná získať len 2,5D geometriu povrchu. [30]

Pre snímanie malých plôch kedy je postačujúce jedno meranie, je potrebná interpolácia bodov pravidelnej mriežky. Problém so skladaním dát môže nastať pri snímaní väčších plôch, kedy sa zosnímané mriežky rôzne prekrývajú. Vtedy je potrebné dáta najprv zlúčiť a následne interpolovať do pravidelnej mriežky. V prípade výskytu nezosnímaných bodov povrchu môže byť tento problematický s výskytom nepresností. [31]

6.3 Objemové parametre textúry povrchu

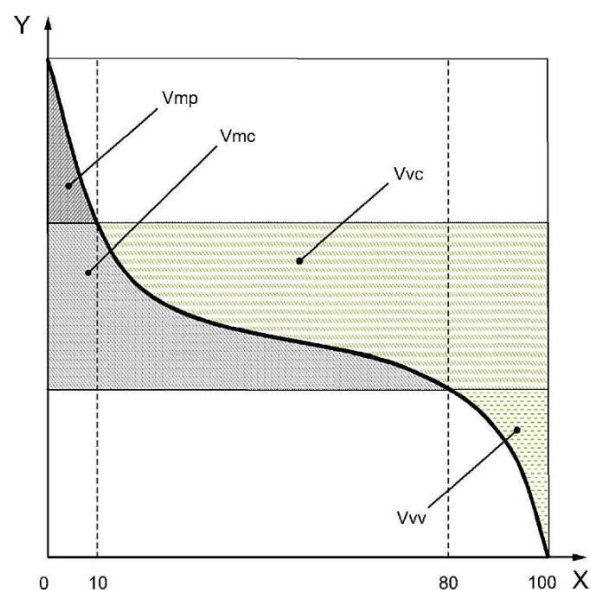
Postupným výškovým snímaním povrchu sme schopní vytvoriť trojrozmernú mapu povrchu pozorovanej plochy. Výškové abnormality tejto plochy môžeme podrobne analyzovať. V našom prípade sa budeme zaoberať vpichom v profile povrchu zápalky. Na vyhodnocovanie topografických prvkov plochy je vhodná analýza výškových parametrov povrchu, či analýza objemu obmedzeného povrchu.

Výškové parametre patria medzi plošné S-parametre. Definované sú dvojným integrálom. [32] Slovné definície som uviedla v tabuľke 2.

Tab 2) Prehľad výškových parametrov [32]

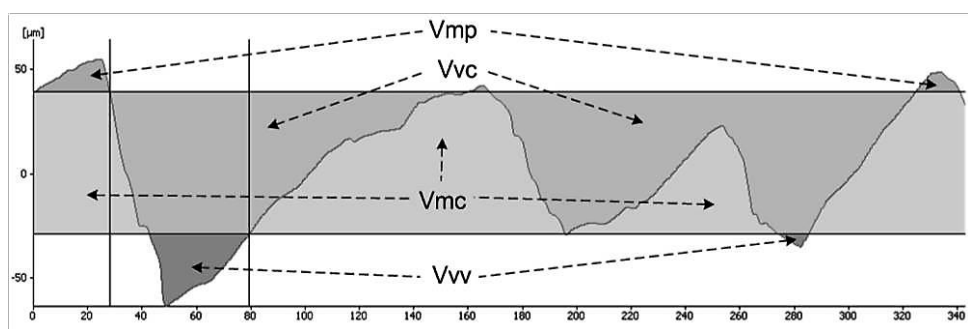
Sq	Priemerná kvadratická výška posudzovanej plochy
	Root mean square height of the scale-limited surface
Ssk	Šikmosť posudzovanej plochy
	Skewness of the scale-limited surface
Sku	Špicatosť posudzovanej plochy
	Kurtosis of the scale-limited surface
Sp	Maximálna výška povrchu posudzovanej plochy
	Maximum peak height of the scale-limited surface
Sv	Maximálna hĺbka priehlbiny posudzovanej plochy
	Maximum pit height of the scale-limited surface
Sz	Maximálna výška posudzovanej plochy
	Maximum height of the scale-limited surface
Sa	Priemerná aritmetická výška posudzovanej plochy
	Arithmetical mean height of the scale-limited surface

Objemová analýza posudzovaného povrchu je vychádza z výpočtov objemu materiálu a prázdneho priestoru na základe krivky nosného podielu. Abbott-Firestoneova krivka, alebo krivka nosného podielu, percentuálne vyjadruje množstvo materiálu na danej výškovej úrovni vzhľadom k vyhodnocovanej ploche. Zobrazená je na obrázku 38. V osi Y sa mení výška povrchu a v osi X plošný materiálomý pomer posudzovanej plochy (uvádzaný v percentách). [32] Jej použitie je vhodné pri predpovedi prvotného opotrebenia, či vývoja opotrebenia za prevádzky. [33]



Obr. 38) Krivka nosného podielu pre parametre objemu [32]

Na obrázku 39 je znázornený význam jednotlivých objemových parametrov. V_{mp} predstavuje objem materiálu vrcholov, ktorý leží nad úrovňou 10 % materiálového pomeru. Hodnota V_{vv} zodpovedá objemu prázdneho priestoru v údoliach pod úrovňou 80% materiálového pomeru. V_{vc} a V_{mc} predstavujú prázdny objem, resp. objem materiálu v oblasti jadra, teda medzi 10= a 80% materiálového pomeru.



Obr. 39) Znázornenie súvislosti objemových parametrov krivky nosného podielu s povrchom [33]

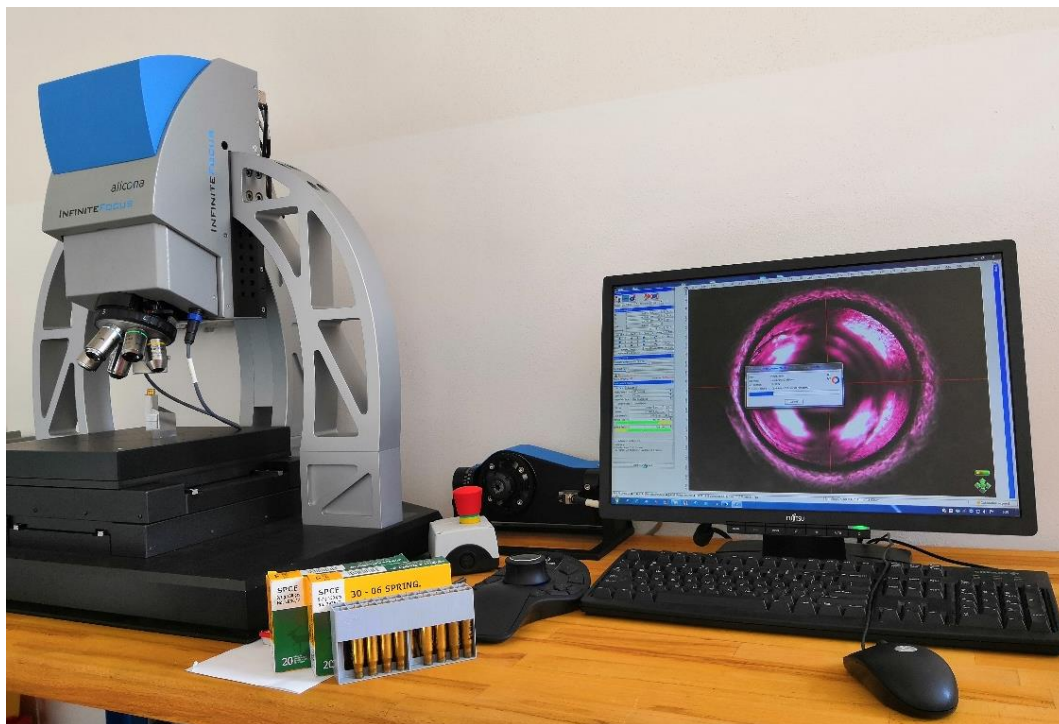
Objemové parametre aj ich definícia je uvedená v tabuľke 3. Uvedené anglické definície sú prevzaté podľa ISO normy. Na preklad do slovenčiny som ako zdroj použila prednášky doc. Jankových, ktoré presne definujú ich význam.

Tab 3) Prehľad objemových parametrov [32]

V _m	Objem materiálu
	Material volume
V _{mc}	Objem materiálu jadra posudzovanej plochy
	Core material volume of the scale-limited surface
V _{mp}	Objem materiálu vrcholov
	Peak material volume of the scale-limited surface
V _v	Objem bez materiálu/prázdny objem
	Void volume
V _{vc}	Objem jadra posudzovanej plochy bez materiálu/prázdny objem jadra posudzovanej plochy
	Core void volume of the scale-limited surface
V _{vv}	Objem údolia bez materiálu/prázdny objem údolia posudzovanej plochy
	Dale void volume of the scale-limited surface

7 MERANIE DEFORMÁCIE ZÁPALIEK

Experimentálne hodnotenie vpichov zostávajúcich v dne zápaliek po údere úderníka bolo naplánované v spolupráci so Zbrojovkou Brno. Meranie bolo vykonané na mikroskope Alicona InfiniteFocus G4 (Obr. 40) v laboratóriu firmy Intemac Solutions s.r.o. Následne boli dáta spracované v programe TalyMap Gold 6.2 na VUT, FSI.



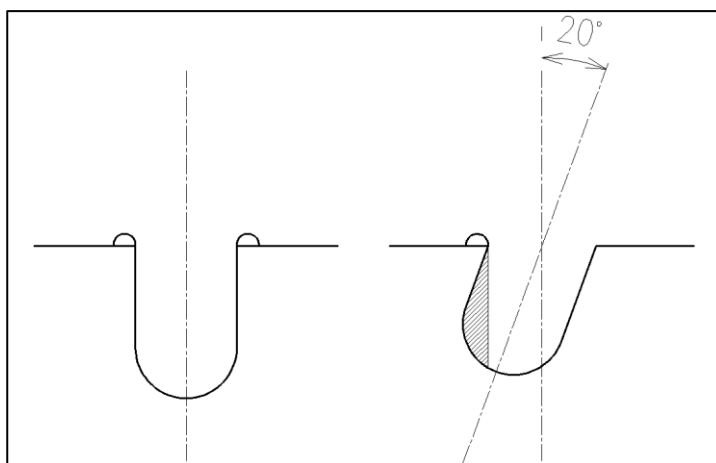
Obr. 40) Mikroskop Alicona Infinite Focus G4

7.1 Plánovanie merania

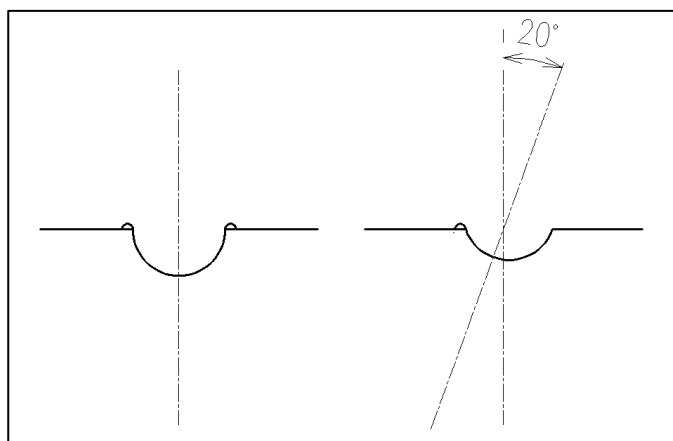
Naplánované boli dve merania na nábojniciach odpálených zo zbrane Brno Combo alebo z univerzálneho záveru so skúšobnou hlavňou. Pre porovnanie sme použili nábojnice, ktoré boli odpáľované za iných počiatkových podmienok.

Ako prvé meranie bolo naplánované hodnotenie vpichov vo vzorkových zápalkách. Na základe informácií z technickej dokumentácie guľobrokovvej kozlice Brno Combo sme poznali uhol dopadu zápalníka na zápalku (pre guľovú hlavňu).

Pri údere úderníka pod uhlom môžu vzniknúť dva tvary vpichu v zápalku v závislosti od tvaru zápalníka, a výšky zdvihu. Obrázok 41 demonštruje väčšiu hĺbku vpichu, pri ktorej dochádza k podseknutiu hrany. To nie je možné zosnímať ak sa optická os mikroskopu nezohoduje s osou zápalníka. Na obrázku 42 je zobrazené zaborenie len guľovej časti zápalníka, zosnímanie plochy preliačiny je možné aj z vertikálneho pohľadu.



Obr. 41) Úder úderníkom na dno zápalky predpokladaná hĺbka vpichu. Zľava: úder kolmo, úder pod uhlom 20°



Obr. 42) Úder úderníkom na dno zápalky skutočná hĺbka vpichu. Zľava: úder kolmo, úder pod uhlom 20°

Aby sme sa uistili, že budeme schopný nasnímať celý objem vytvorenej priehlbiny, požiadali sme Zbrojovku Brno o vytvorenie meracej pomôcky. Tá pre naše potreby zostrojila držiak nábojnice a tvarovú podložku uchycujúcu držiak nábojnice v dvoch polohách: vertikálne a pod uhlom 20° , ktorý kopíruje konštrukciu bicieho mechanizmu skúmanej kozlice (Obr. 43). Držiak nábojnice svojou geometriou nezodpovedá tvaru nábojovej komory, aby nebolo nutné k nemu pristupovať ako ku zbrani. Stojan je s držiakom pre nábojnice uchytенý pomocou magnetov. Pre porovnanie sme naplánovali meranie vpichov na nábojniciach odpálených z univerzálneho záveru so skúšobnou hlavňou.

Ďalšie hodnotenie vzoriek bolo sústredené na výškové umiestnenie zápalky voči dnu nábojnice. Výškový rozdiel plôch by mal byť závislý na vlastnostiach náboja. Pri úspešne iniciovaných nábojoch by mal byť rozdiel blízky nule. V prípade nábojov, u ktorých nedošlo k iniciácii, by mala byť zápalka umiestnená nižšie. Nábojnice, ktoré boli pred výstrelom delaborované, by mali mať polohu zápalky voči dnu nábojnice podobnú ako neodpálené. Natlačenie zápalky do roviny nábojnice by malo byť spôsobené zapálením prachovej náplne, a následným uvoľnením nahromadenej energie vo vnútri nábojnice.



Obr. 43) Meracia pomôcka vyrobená Zbrojovkou Brno s. r .o.

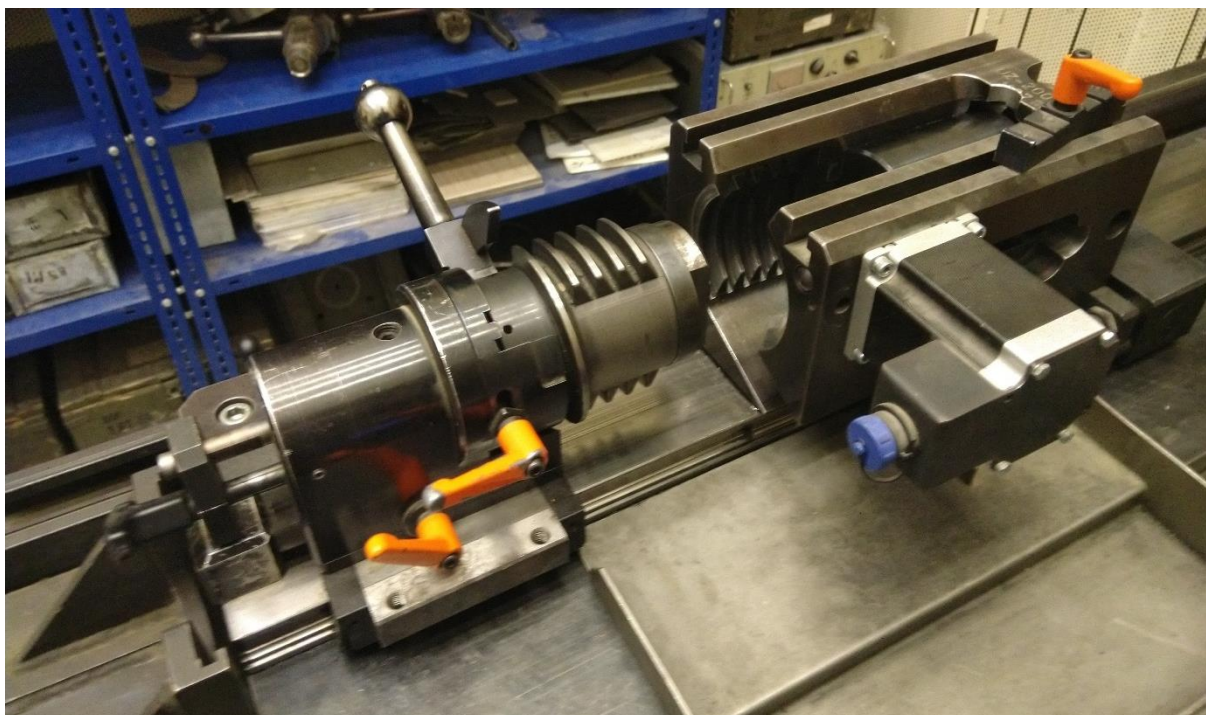
7.2 Použité vzorky a ich označenie

Na analýzu vpichu po zápalkách sme mali k dispozícii 4 skupiny nábojníc.

Konkrétne 59 kusov úspešne odpálených nábojníc a 3 kusy zlyhaných. Obe skupiny boli odpaľované z guľobrokovej kozlice Brno Combo, a teda úderník udel na zápalku pod uhlom.

Ostatné dve skupiny hodnotených nábojníc boli vystrelené z univerzálneho záveru so skúšobnou hlavňou (Obr. 44), ktorej úderník udiera na dno zápalky kolmo. 10 nábojníc bolo odpálených bez úprav a 10 bolo pred odpalom delaborovaných – náboj aj prachová náplň boli odstránené.

Pre jednotlivé skupiny sú použité značenia OK, POK, PDEL, NOK. Skratkami OK a NOK sú značené nábojnice vystrelené zo zbrane Brno Combo, pričom NOK značí neodpálené nábojnice. Značenie POK a PDEL patrí vzorkovým nábojniciam odpáleným z univerzálneho záveru so skúšobnou hlavňou. Skratkou PDEL sú značené nábojnice, ktoré boli pred odpálením delaborované.



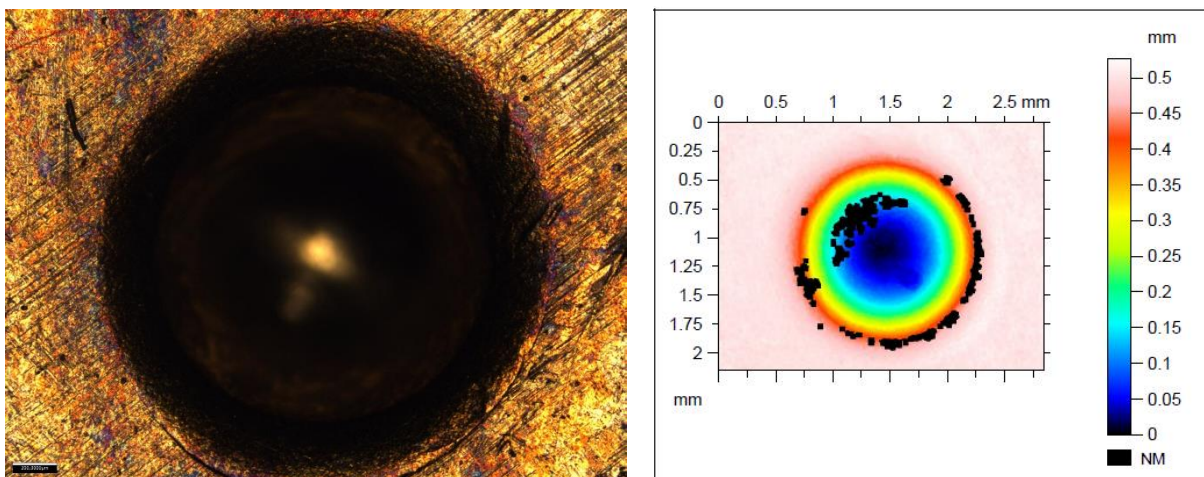
Obr. 44) Univerzálny záver so skúšobnou hlavňou a bicím mechanizmom udierajúcim kolmo na zápalku

7.3 Nastavenie osvetlenia

Mikroskop Alicona Infinite Focus G4 umožňuje niekoľko spôsobov osvetlenia vzorky. Táto podkapitola popisuje postup voľby správnych podmienok osvetlenia na meranie vpichov v zápalkách.

Súosové osvetlenie osvetľuje vzorku z výšky kolmo. Podľa zákona odrazu sa lúče odrazia z povrchu v rovnakom uhle, pod akým dopadli. Uhol teda nesmie byť príliš veľký, aby boli lúče zachytené šošovkou objektívu. Súosové osvetlenie nie je teda vhodné na zobrazovanie šikmých plôch.

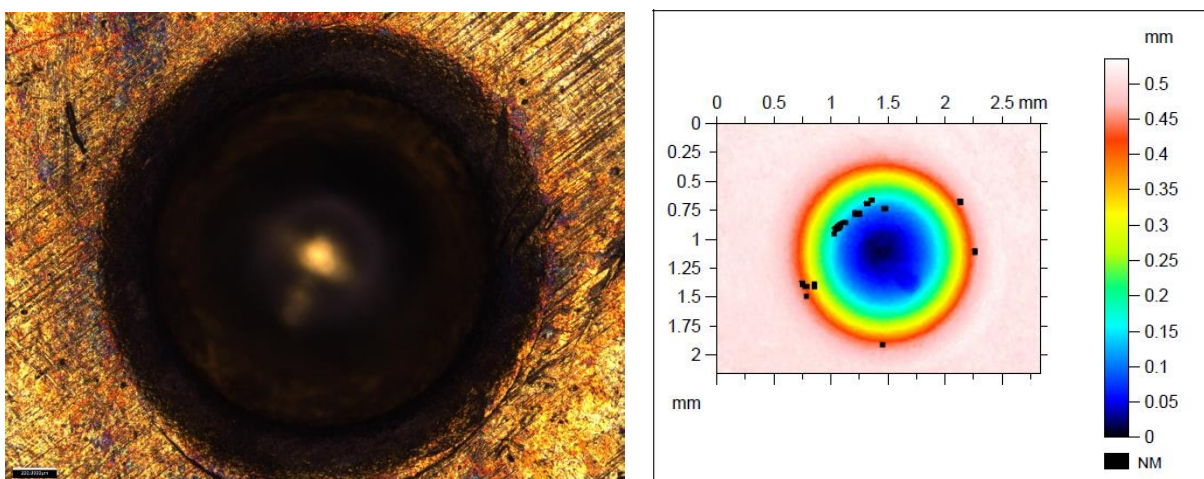
Obrázok 45 zobrazuje zosnímanie vzorky k2n20 OK s použitím len súosového osvetlenia. Jeho intenzita bola nastavená automaticky. Vľavo je snímok povrchu zaostrený na rovnú plochu nábojnice. Vpravo je zobrazený zosnímaný povrch zobrazený programom TalyMap. Farebná škála zobrazuje výškovú zmenu vpichu a čierne plochy nenamerané body. Z modelu je očividné nezobrazenie steny v oblastiach, kde sa miestny sklon blíži k optickej osi mikroskopu behom merania. Táto stena vzniká kvôli pôsobeniu úderníka pod uhlom. Nenameraná oblasť je 5,34 % z celej zosnímanej plochy.



Obr. 45) Použitie súosového osvetlenia pri meraní. Zľava: snímka povrchu vzorky, zosnímaný povrch zobrazený v programe TalyMap

Prstencové osvetlenie dopadá na vzorku pod uhlom a teda zabezpečuje osvetlenie šikmých prvkov. Prstenec, osvetľujúci plochy z boku, zvyšuje pravdepodobnosť zachytenia odrazeného lúča zo šikmého povrchu. Na objektív sa pripevňuje manuálne dvoma malými skrutkami.

Obrázok 46 zobrazuje vzorku k2n20 OK osvetlenú súosovým osvetlením ku ktorému bolo pridané i osvetlenie prstencové. Intenzita bola opäť nastavená automaticky. Na snímke povrchu naľavo výrazný rozdiel voľným okom nevnímame. Zobrazenie povrchu programom TalyMap však potvrdzuje vhodnosť prstencového osvetlenia na šikmé plochy. Množstvo nenameraných oblastí výrazne pokleslo na vonkajšom obvode vpichu, kde je vytlačený materiál. Nezobrazená plocha steny s veľkou šikmosťou tiež výrazne poklesla. Povrch obsahuje už len 0,69 % nenameraných bodov.

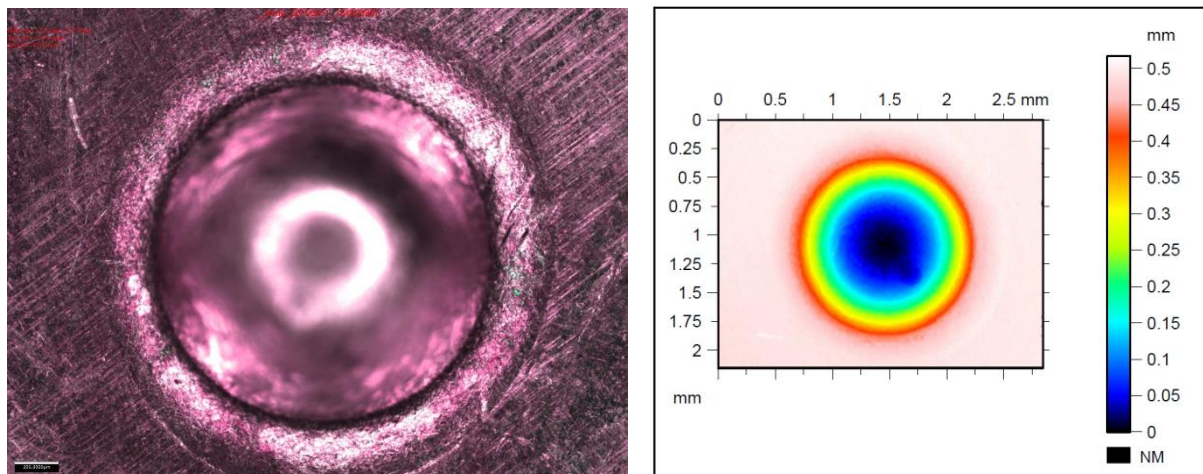


Obr. 46) Súosové osvetlenie doplnené o prstencové. Zľava: snímka povrchu vzorky, zosnímaný povrch zobrazený v programe TalyMap

Množstvo nenameraných bodov bolo znížené pod hodnotu 0,7 % z celkového povrchu. Aplikáciou polarizačného filtra je možné znížiť percento nezosnímaných bodov pod hodnotu 0,1 %, v niektorých prípadoch na nulu. Použitím polarizačného filtra sa výrazne znižuje intenzita osvetlenia vzorky. To eliminuje zrkadlové odrazy z povrchu, často vznikajúce

na naklonených plochách. Polarizátor spôsobuje stratu farebnej informácie o povrchu a výrazne predlžuje dobu merania. Do optickej sústavy mikroskopu je vkladán manuálne, pootočením.

Na obrázku 47 je vzorka k2n20 OK osvetlená súosovým osvetlením a prstencovým s použitím polarizačného filtra. Ten umožnil zobrazenie presvetlených oblastí na povrchu. Množstvo nenameraných bodov sme boli schopný znížiť na 0,079 % zosnímaného povrchu. Vhodným natočením stojana je možné i 100 % zosnímanie povrchu.



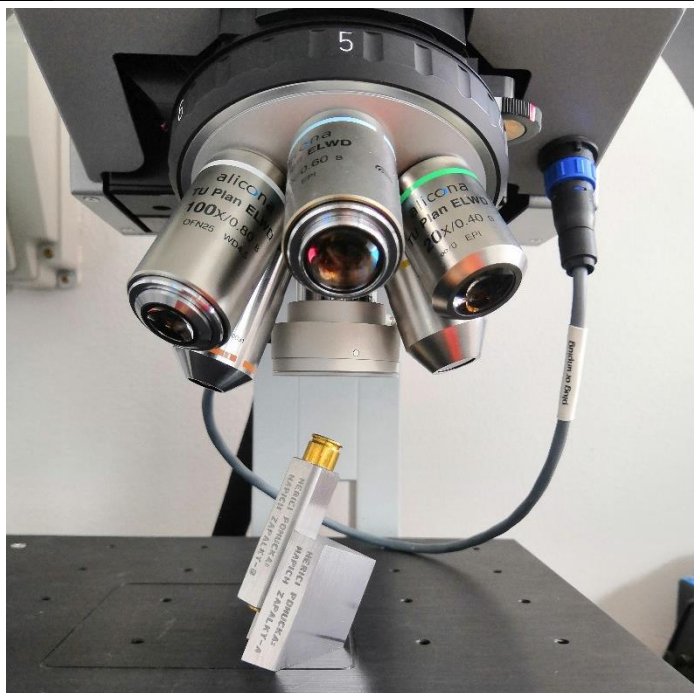
Obr. 47) Súosové a prstencové osvetlenie doplnené o polarizačný filter. Zľava: snímka povrchu vzorky, zosnímaný povrch zobrazený v programe TalyMap

Posledné nastavenie osvetlenia bolo použité pri všetkých meraniach. Vhodnosť tohto nastavenia môžeme považovať za správne pre jeho univerzálnosť pri meraní všetkých skupín hodnotených nábojníč. Presné hodnoty, na ktoré boli nastavené jednotlivé typy osvetlenia sú uvedené v kapitole o konfigurácii meradla.

7.4 Priebeh merania vpichu

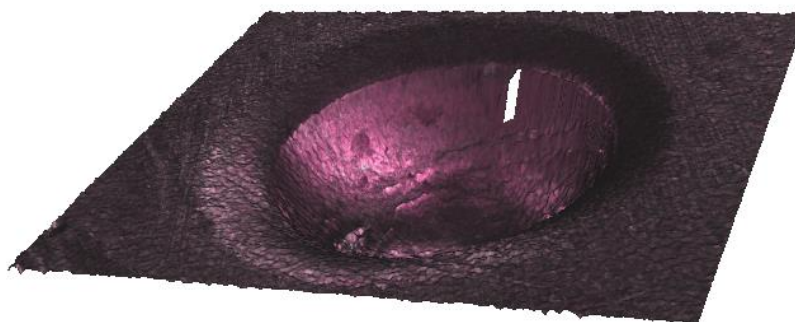
Po nastavení osvetlenia sme vyskúšali meranie v oboch možných polohách prípravku, aby sme vyskúšali, ktorá poloha je správna.

Vzorka K1n1 OK bola umiestnená do stojanu a naklonená pod uhlom 20° . Stojan bol položený na posuvný pracovný stôl (Obr. 48). Jemným pohybom polohovacieho stola sme umiestnili nábojnicu do osi optickej sústavy. Použitý bol objektív s 5-násobným zväčšením. Zvolené bolo najväčšie zväčšenie, ktoré umožňuje zosnímanie celej plochy vpichu. Podľa obrazu na obrazovke sme manuálne pootočili stojan s nábojnicou tak, aby sme videli priehlbnu pod uhlom pôsobenia úderníka.



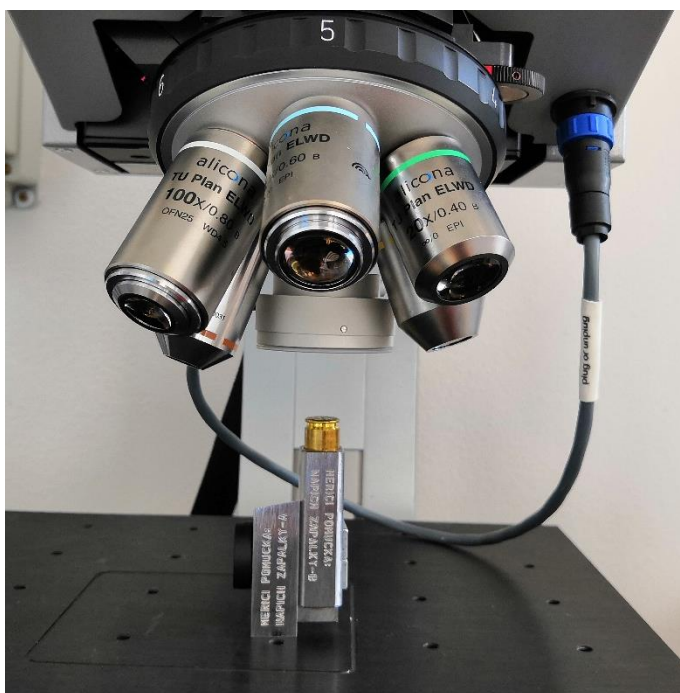
Obr. 48) Umiestnenie vzorky pod uhlom úderu úderníka

Po zosnímaní boli dáta vizualizované v software IF MeasureSuite od firmy Alicona Imaging. Uložené boli vo formáte *.AL3D a následne konvertované do univerzálnejšieho formátu *.SUR. Zobrazený 3D model (Obr. 49) bol viditeľne nekompletný. Stena ležiaca naproti od smeru pôsobenia úderníka sa čiastočne nezobrazila. Polohovaním sme sa snažili túto nenameranú oblasť eliminovať, no neúspešne.



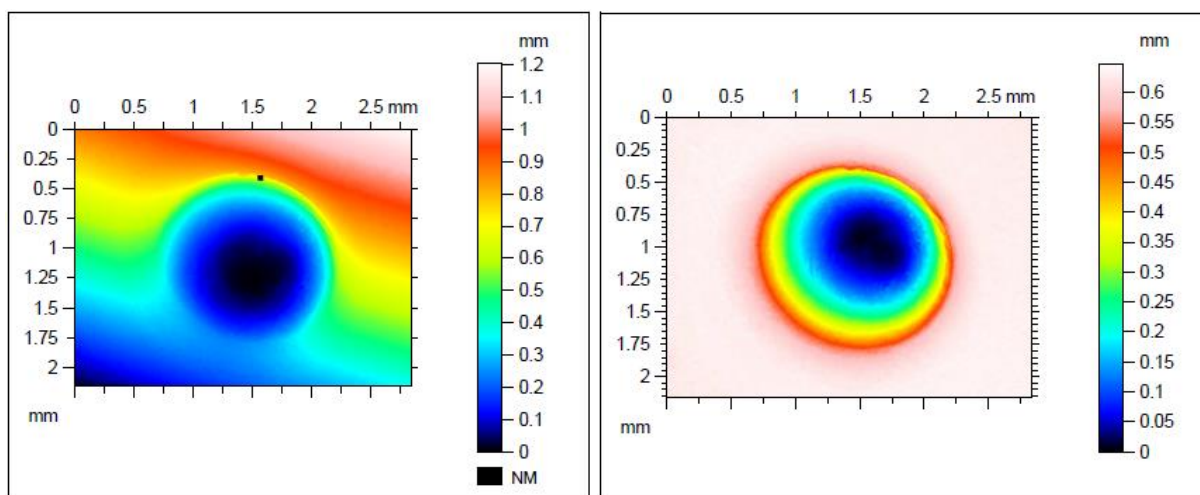
Obr. 49) 3D model preliačiny vzorky k1n1 OK zosnímanej pod uhlom úderu úderníka

Meranie sme opakovali s rovnakým nastavením mikroskopu. Zápalku sme umiestnili do stojana na výšku, v smere osi optického systému (Obr. 50).

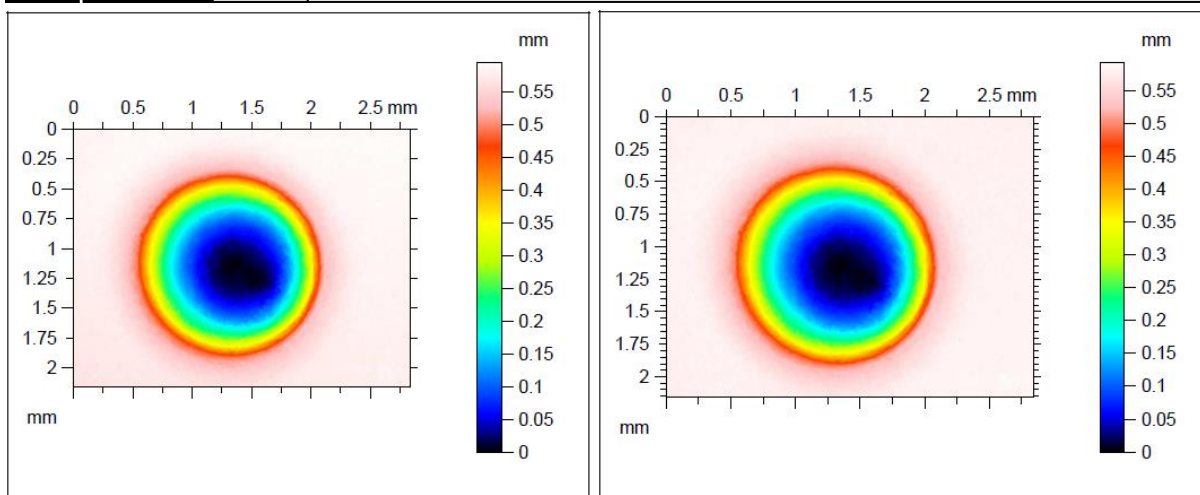


Obr. 50) Umiestnenie vzorky kolmo, v smere osi optickej sústavy

Meranie so zápalkou umiestnenou kolmo na optický systém bolo úspešnejšie, nakoľko neobsahovalo nezosnímané plochy. Pred pokračovaním v ďalšom meraní sme analyzovali získané dáta v programe TalyMap (Obr. 51, 52). Prvé meranie obsahovalo 0,035 % nenameraných bodov, a tak sme museli chýbajúce oblasti aproximovať a zaplniť použitím interpolácie hladkou krivkou. Aproximácia dát z druhého merania nebola potrebná, pretože plocha bola 100 % zosnímaná. Akákoľvek aproximácia dát je nežiaduca, nakoľko spôsobuje nepresnosť údajov. Pred začatím vyhodnocovania parametrov, boli dáta vyrovnané podľa roviny dna nábojnice. V prípade merania nábojnice z kolmého pohľadu, nastala len minimálna zmena. Výškový rozdiel je v mape povrchu farebne odlišený.



Obr. 51) Zosnímaný povrch pod uhlom 20° zobrazený v programe TalyMap. Zľava: Surové dáta, Dáta aproximované a vyrovnané podľa roviny dna nábojnice



Obr. 52) Zosnímaný povrch pod uhlom 20° zobrazený v programe TalyMap. Zľava: Surové dáta, Dáta vyrovnané podľa roviny dna nábojnice

7.4.1 Porovnanie výsledkov merania v rôznych polohách

Vyhodnotili sme objem preliačiny v oboch meraniach. Hodnota objemu prvého merania činila 0,71 mm³. Objem druhého merania bol o 0,0093 mm³ väčší. Teória 2,5D merania hovorí o možnosti nasnímania menšieho povrchu objektu. To môže nastať v prípade snímání šikmých výčnelkov, či plôch s veľkým sklonom. Mikroskop totiž priradzuje súradnici x a y iba jednu hodnotu z a nie je schopný zosnímať oblasť pod výčnelkom. K tomu by mohlo dôjsť nevhodným natočením vzorky, a teda zvolením nevhodného uhlu snímání. V prípade plôch s veľkým sklonom sa odrazené lúče nedajú zachytiť detektorom. 2,5D meraním nie sme schopní zosnímať väčší povrch objektu, a tak môžeme považovať dáta z druhého merania za presnejšie a správne. Toto podkopáva náš predpoklad o potrebe snímání vzorky pod uhlom.

Pri dopade zaoblenej časti úderníka na dno zápalky vzniká priehlbina. Zápalník guľovník väčšinou dopadá na dno nábojnice kolmo, pod uhlom 90°. Vtedy je os vpichu rovnobežná, prípadne totožná s osou nábojnice. Vpich v nábojnici by bolo možné snímáť zo zvislého pohľadu zhora. Z dôvodu nedostatku priestoru v lôžku, je úderník pre guľovú hlavu v guľobrokovvej kozlici Brno Combo naklonený o 20° nadol. Nábojnicu sme pomocou stojana naklonili, aby bolo možné zosnímať celú plochu vpichu. Os vpichu tak bola rovnobežná s osou optickej sústavy. Tento náklon však nebol potrebný. Zápalník má tvar valca, na konci je guľovito zaoblený. Iniciačná energia zápalníka po náraze spôsobila preliačinu na dne nábojnice, no zaborená bola iba guľová časť zápalníka. To umožnila schopnosť zápalky iniciovať i vplyvom malého pretvorenia. Vďaka tomu sme boli schopní zosnímať vpich i bez naklonenia nábojnice. Navyše to odstránilo problémy, ktoré sme očakávali pri polohovaní nábojnice v naklonenej polohe.

Merací prípravok bol navrhnutý s ohľadom na možnosť, že vpich bude natoľko hlboký, že z kolmého pohľadu neuvidíme určitú časť preliačiny. Tento prípad ale nenastal. Keďže sa v našom prípade zaborila len guľová časť zápalníka, z kolmého pohľadu sme boli schopní zosnímať celú plochu preliačiny.

7.4.2 Opakovanie meraní

Nastavenie meradla aj postup hodnotenia vpichu v zápalky sme presne opakovali na všetky skúmané nábojnice. Snímání nábojníc K3n1, K2n14, K3n13, K3n19 bolo nutné opakovať. Došlo totiž k nezosnímaniu všetkých bodov povrchu, ktoré bolo možné napraviť polohovaním

vzorky. Pri vzorke K3n19 dochádzalo k nezosnímaniu oblasti plochy z dôvodu vysokej odrazivosti svetla. Intenzita osvetlenia bola preto znížená na hodnotu 0,04.

7.5 Priebeh merania plochy dna nábojnice

Pre podrobnejšie preskúmanie polohy zápalky voči dnu nábojnice bolo potrebné zosnímanie takmer celej plochy dna nábojnice. Nakoľko nami použitý mikroskop je schopný snímať len malé plochy povrchu, bolo potrebné použiť typ merania 3D Dataset. Umožňuje to zosnímanie väčšieho množstva plôch, ktoré sú následne poskladané do jednej topografickej mapy povrchu.

Pred spustením merania bolo potrebné nastaviť nielen výškový rozsah hladín, ale i krajné polohy v rovine x a y. Pred samotným meraním sa zobrazila snímka vybranej plochy, ktorú bolo podľa potreby možné zmenšiť. To umožňuje skrátenie doby merania, nakoľko budú merané len oblasti, ktoré sú potrebné k analýze.

Meranie bolo vykonané na 10-tich vzorkách odpálených zo zbrane Brno Combo (K1n1 – K1n20), troch zlyhaných nábojoch tiež zo zbrane Brno Combo a všetkých vzorkách odpálených z univerzálneho záveru so skúšobnou hlavňou (10 odpálených normálne a 10 delaborovaných pred odpalom).

Opakovanie merania bolo potrebné len pri vzorke K4n12. Množstvo nenameraných bodov bolo odstránené vhodným polohovaním.

8 ANALÝZA DÁT

Namerané dáta boli uložené vo formáte *.SUR, ktorý je možné otvoriť vo väčšine softwarov používaných na topografickú analýzu. Vyhodnotené dáta v programe TalyMap Gold 6.2 boli vyexportované do MS Excel. Následná analýza bola vykonaná v programe Minitab. Prehľad nameraných hodnôt je uvedený v prílohe A-C.

Pojmy objemový parameter, výškový parameter a parameter polohy, v tejto kapitole, sú používané ako súhrnný názov pre sledované parametre – číselne vyjadriteľné ukazovatele.

8.1 Vyhodnotenie dát vpichov

Načítaním dát v programe TalyMap bola zobrazená mapa povrchu. Pomocou farebnej škály bola vizuálne odlíšená výška povrchu. Najnižšia (nulová) hodnota, začínajúca vo vnútri vpichu, bola zobrazená modrou farbou. Niektoré mapy povrchu obsahovali nezobrazené body, ktoré boli doplnené interpoláciou hladkou krivkou. Interpolácia bola potrebná u 40 % vzoriek, no väčšinou nepresiahla hodnotu 0,01 % bodov. Výnimkou boli zlyhané nábojnice, jedna z nich mala nezobrazených až 1,9 % bodov povrchu. Následne boli dáta vyrovnané podľa roviny nedeformovanej plochy zápalky. V programe Minitab sme vyhodnotili objem diery a maximálnu hĺbku diery. Vyhodnotené boli i výškové a objemové parametre normy ISO 25178. Konkrétne parameter Vv (prázdny objem) a Sv (maximálna hĺbka dna).

8.2 Analýza dát vpichov – základná štatistika (objemové parametre)

Na dátach bol vykonaný test normality, aby sme overili, či pochádzajú zo súboru s normálnym rozdelením. Rozlišovacou hodnotou bola hodnota $p = 0,05$. Ak je výsledná hodnota nižšia než 0,05, zamietam nulovú hypotézu, že dáta pochádzajú zo súboru s normálnym rozdelením na hladine významnosti $\alpha = 0,05$.

K zamietnutiu hypotézy došlo na dátach objemu diery skupiny PDEL, pre ostatné dáta sme hypotézu nezamietli (Príloha D). Vyhodnotené boli i základné štatistické parametre ako priemerná hodnota, smerodajná odchýlka pre N počet hodnôt v súbore. Distribúcia početností hodnôt bola zobrazená pomocou histogramu (Príloha D). Histogram nebol vytvorený pre skupinu NOK, nakoľko sa v súbore nachádzajú len 3 vzorky. Súbory s normálnym rozdelením, OK a POK, približne kopírujú tvar Gaussovej krivky.

Porovnaním priemerných hodnôt objemu diery všetkých skupín (Tab.4) môžeme konštatovať, že najmenšia preliačina vznikla v nábojniciach skupiny NOK. Nakoľko ide o neodpálené nábojnice, tento výsledok bol predpokladaný. Priemerná hodnota úspešne odpálených nábojníc z kozlice (OK) a z univerzálneho záveru (POK) sa líši o viac ako $0,1 \text{ mm}^3$. Hodnota nábojníc z kozlice je o $0,1049 \text{ mm}^3$ menšia. To mohlo byť čiastočne zapríčinené pôsobením výslednice síl pohybujúceho sa zápalníka mimo os zápalky. Pri navrhovaní bicieho mechanizmu nebolo možné zohľadniť trecie odpory. Rozdielnosť veľkosti vpichov pravdepodobne ovplyvnil i odlišný tvar zápalníka. Zaujímavá je priemerná hodnota nábojníc, ktoré boli pred odpalom delaborované (PDEL). Aritmetický priemer je takmer o $0,1 \text{ mm}^3$ väčší, než aritmetický priemer klasicky odpálených nábojníc (POK). To znamená, že pri zapálení prachovej náplne sa energia uvoľňuje urýchlením náboja von z hlavne aj smerom do lôžka zbrane. Smerodajná odchýlka súboru dát udáva kladnú druhú odmocninu rozptylu. Na základe

jej hodnôt vidíme, že najväčší rozptyl hodnôt majú nábojnice pred výstrelom delaborované a najmenší rozptyl majú úspešne odpálené nábojnice z univerzálneho záveru so skúšobnou hlavňou.

Tab 4) Štatistické parametre objemu diery

Objem diery	Priemerná hodnota (mm^3)	Smerodajná odchýlka (mm^3)
OK	0,8153	0,1010
POK	0,9202	0,07029
PDEL	1,029	0,1243
NOK	0,3018	0,1033

Podobne ako v predchádzajúcom prípade, boli na dátach prázdneho objemu na začiatku vykonané testy normálneho rozdelenia (Príloha D). Hypotézu, že dáta pochádzajú zo súboru s normálnym rozdelením sme zamietli pre skupinu PDEL. Použitá hladina významnosti bola 0,05. Vytvorené boli histogramy zobrazujúce rozloženie dát, ktoré sú zobrazené v prílohe D.

Zo štatistických parametrov prázdneho objemu (Tab. 5) plynú rovnaké závery ako pre parametre objemu vpichu. Najmenšiu hodnotu prázdneho objemu preliačiny mali zlyhané nábojnice. Rozdiel medzi priemernou hodnotou správne odpálených nábojníc je menej výrazný, no prázdny objem vpichu vytvoreným kozlicou je opäť nižší. Líši sa o hodnotu $0,018 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$. Hodnota priemeru vopred delaborovaných nábojníc je o takmer $0,03 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$ vyššia ako pri normálnom odpale. Rovnako ako pri parametre objemu vpichu.

Tab 5) Štatistické parametre prázdneho objemu

V _v – Prázdny objem (merný)	Priemerná hodnota (mm^3/mm^2)	Smerodajná odchýlka (mm^3/mm^2)
OK	0,1362	0,01661
POK	0,1546	0,01154
PDEL	0,1802	0,02151
NOK	0,05238	0,01776

Test normality na hladine významnosti $\alpha=0,05$ % vyšiel negatívne pre oba parametre skupiny PDEL (objem diery aj prázdny objem). To je zaujímavý fakt, nakoľko súbor obsahuje výsledky hodnotenia desiatich po sebe idúcich úderov bicieho mechanizmu na 10 nábojov, pochádzajúcich z jednej krabičky. K odpalu došlo za rovnakých podmienok v priebehu 15-tich minút. Odchýlku od normality spôsobuje nábojnica K4n7, vystrelená ako siedma z desiatich vzoriek. Na pravdepodobnostnej priamke grafu normálneho rozdelenia je táto hodnota výrazne vzdialená od ostatných, ktoré sú tesne vedľa seba (Príloha D, Obr. D5). Odstránením vzorky zo súboru, by dáta pochádzali zo súboru s normálnym rozdelením na hladine významnosti 0,05%. Po dohode s vedúcim diplomovej práce som túto hodnotu zo súboru nevyradila. Ide o odľahlú hodnotu, ktorá nespôsobuje významnú odchýlku dát od normality súboru. Následná analýza tým nie je výrazne ovplyvnená, nakoľko ide o pomerne robustnú metódu.

8.3 Analýza dát vpichov – ANOVA (objemové parametre)

ANOVA (ANalysis Of VARIances) je analýza rozptylov. Testuje nulovú hypotézu, že priemerné hodnoty dvoch alebo viacerých skupín jedného parametra (faktora) sú ekvivalentné. Alternatívnou hypotézou je, že priemerná hodnota aspoň jednej skupiny je významne odlišná od hodnôt ostatných skupín. [34]

Na použitie ANOVY by mali byť splnené 2 základné predpoklady. Prvý je predpoklad, že hodnoty všetkých skupín pochádzajú zo súboru s normálnym rozdelením. Druhý predpoklad je, že rozptyly dát všetkých skupín sú zhodné. [34]

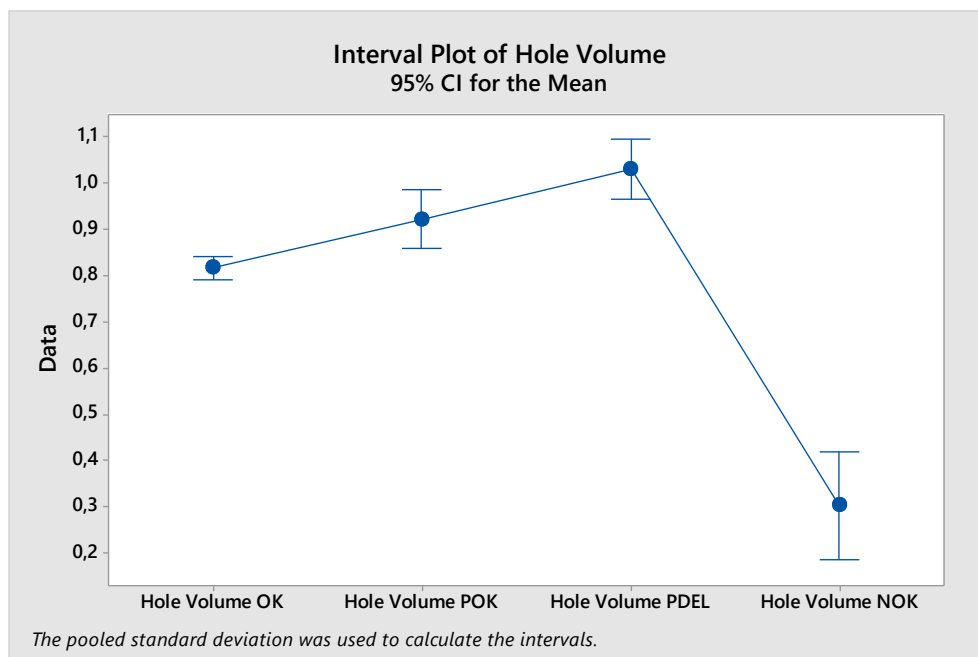
Niektoré štatistické analýzy, vrátane t-testu a ANOVY, sú veľmi necitlivé ku dodržiavaniu predpokladu normality. Tieto metódy sú natoľko robustné, že nevýrazná odchýlka od normality má malý, až nulový vplyv na efektivitu testu. [34] Za významnú odchýlku môže byť považované multimodálne rozdelenie viditeľné v histograme alebo rozdelenie so silnou šikmosťou (zaťaženie dát na jednu stranu od strednej hodnoty). [35]

V jednej zo skupín dát parametra objem diery nie je splnený predpoklad normality. Dáta skupiny PDEL nepochádzajú zo súboru s normálnym rozdelením, z dôvodu prítomnosti odľahlej hodnoty. V tomto prípade teda nejde o významnú odchýlku z pohľadu ANOVY.

Nesplnenie predpokladu normality takisto nie je prekážkou na použitie Levenovho testu na kontrolu zhody rozptylov. [35] Ten pre faktor objem diery nezamietol nulovú hypotézu, že rozptyly skupín dát sú zhodné na hladine významnosti 0,05%. Hodnota p bola 0,553 (Príloha G).

Na dáta bola použitá jednofaktorová ANOVA hodnotiaca jeden faktor záujmu (Objem diery) a 4 skupiny (OK, POK, PDEL, NOK) tohto faktora. Hladina významnosti bola nastavená na hodnotu $\alpha=0,05$. Test nepredpokladal pôvod dát zo súboru s normálnym rozdelením. Zhodnosť rozptylov skupín bol predpokladaný. P hodnota testu ANOVA pre objem diery je výrazne nižšia ako hladina významnosti. Preto zamietam nulovú hypotézu, že priemerné hodnoty skupín parametra objem diery sú zhodné.

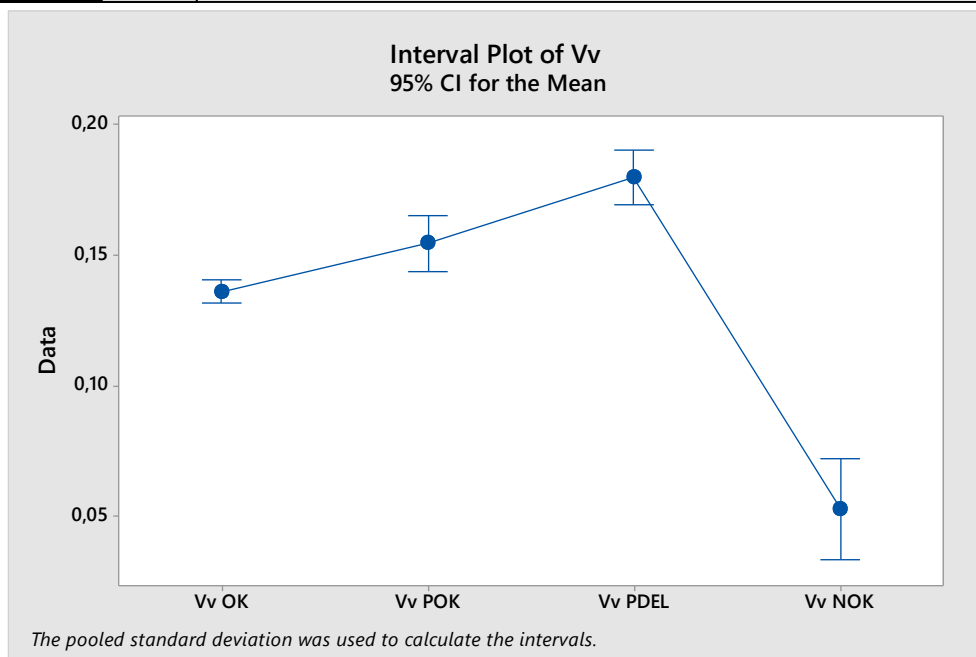
Graf na obrázku 53 zobrazuje hodnotu aritmetického priemeru a konfidenčný interval všetkých skupín dát pozorovaného faktora – objemu diery. Z obrázku je viditeľne jasné, že priemerné hodnoty skupín sú významne odlišné. Celý výstup z analýzy ANOVA pre faktor objem diery je uvedený v prílohe G.



Obr. 53) Porovnanie priemerných hodnôt s konfidenčnými intervalmi parametra Objem diery pre skúmané skupiny

Pri analýze dát prázdneho objemu sme postupovali rovnako ako pri analýze objemu diery. Použitá bola opäť jednofaktorová ANOVA, ktorá nepredpokladala normálne rozdelenie. Na kontrolu zhody rozptylov bol opäť použitý Levenov test, ktorý je vhodný pre skupiny dát, ktoré nepochádzajú zo súboru s normálnym rozdelením. Hodnota p bola 0,516, podobná ako pri testovaní skupín parametra objem diery. Nulovú hypotézu, predpokladajúcu zhodnosť rozptylov na hladine významnosti 0,05, preto nezamietam (Príloha G).

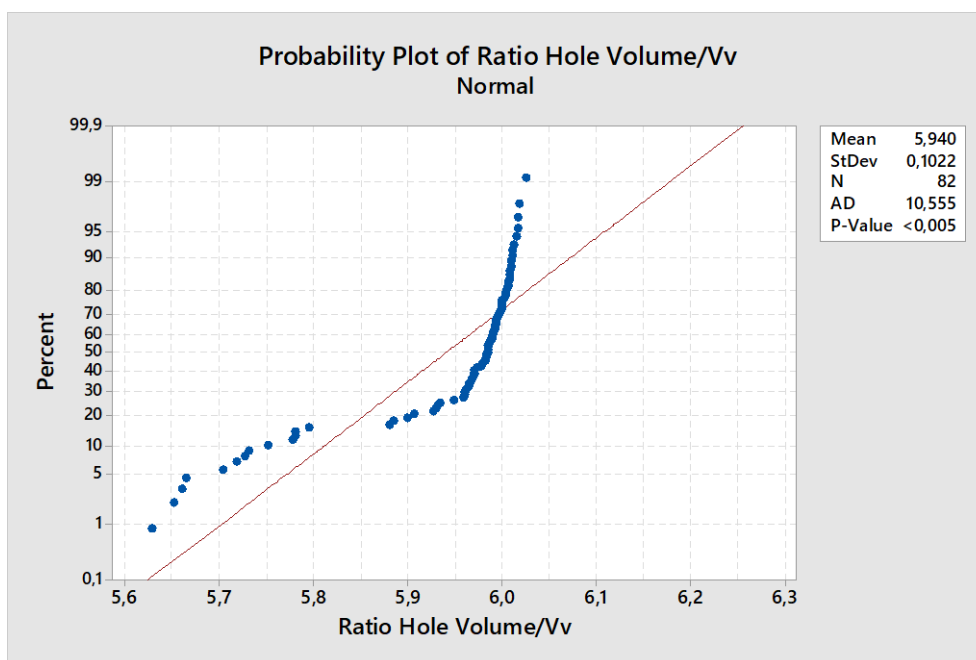
Vykonaná bola ANOVA pre prázdny objem. Vstupné nastavenia boli totožné s nastaveniami pri hodnotení objemu diery. Výstup bol taktiež veľmi podobný. Hodnota p = 0,000 analýzy ANOVA pre prázdny objem bola výrazne nižšia, než nastavená hladina významnosti ($\alpha=0,05$). Nulovú hypotézu, že všetky priemerné hodnoty skúmaného parametra sú zhodné, sme zamietli. Grafické zobrazenie na obrázku 54 ukazuje rozdielnosť priemerných hodnôt hodnotených skupín. Výstup z ANOVy je zobrazený v prílohe G.



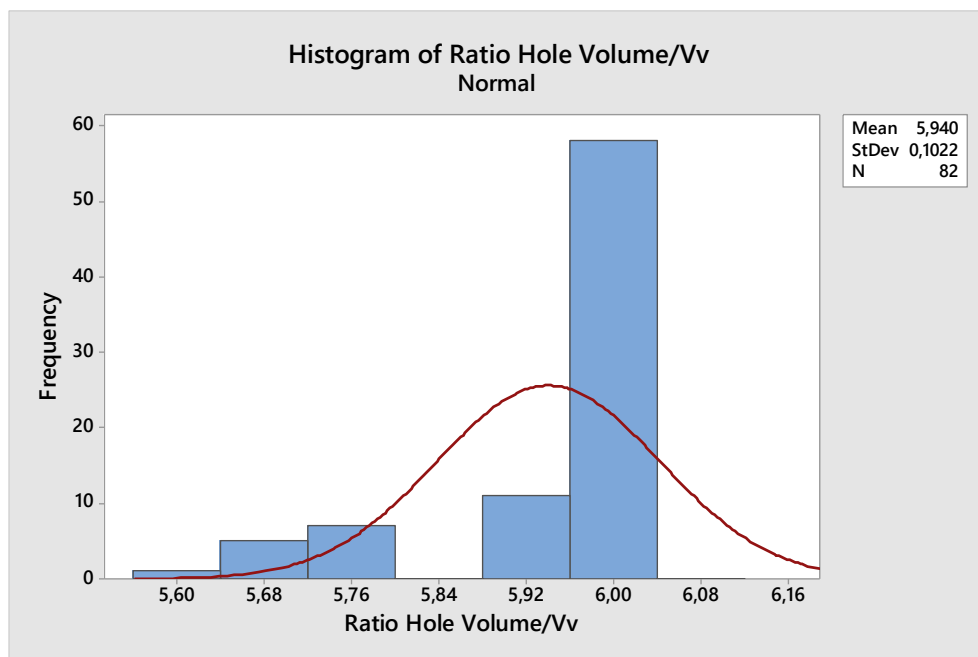
Obr. 54) Porovnanie priemerných hodnôt s konfidenčnými intervalmi parametra Vv (prázdny objem) pre skúmané skupiny

Nakoľko nie každý program na vyhodnocovanie topografických dát je schopný spočítať objem diery, bol zvolený parameter definovaný normou ISO. Prázdny objem (Vv) je parametrom najviac podobným objemu diery.

Na obrázku 55 je zobrazený pravdepodobnostný graf podielu objemu diery a parametra Vv. Veličina má rozdelenie pomeru dvoch náhodných veličín s normálnym rozdelením, ktoré vzájomne korelujú, ale nemajú zhodnú strednú hodnotu. V histograme (Obr. 56) vidíme, že dáta tohto podielu majú výrazne šikmé rozdelenie. Výstup testu normality a histogram sú uvedené aj v prílohe D.



Obr. 55) Graf normality pre parameter pomer objemu diery/prázdneho objemu



Obr. 56) Histogram pre parameter pomer objemu diery/prázdného objemu

Vhodnosť náhrady nenormalizovaného parametra objemu diery za parameter prázdny objem (V_v) sme overili pomocou regresnej analýzy.

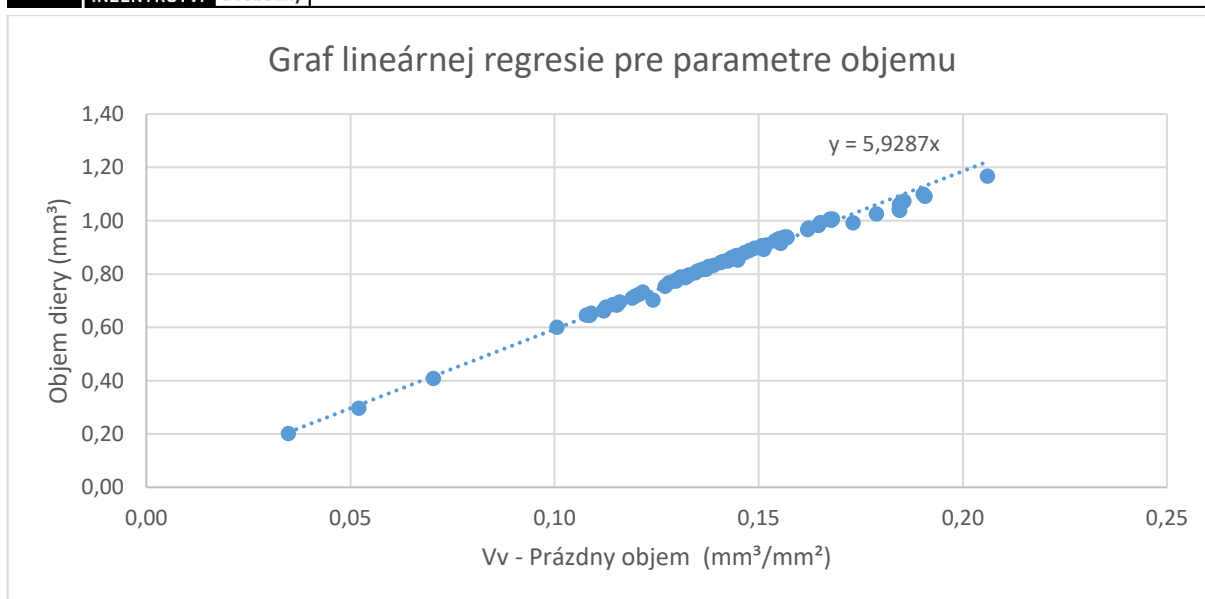
Regresná analýza skúma funkčný vzťah, podľa ktorého sa mení závislá premenná pri zmene nezávislej. Pribeh závislosti je popisovaný regresnou funkciou. [34]

Na dáta bol použitý lineárny regresný model bez konštanty, ktorý modeluje vzťah medzi dvoma závislými premennými, objemom diery a prázdny objemom. Ide teda o jednoduchú (párovú) lineárnu regresiu. Významným výstupom analýzy je koeficient determinácie, ktorý vyjadruje, s akou spoľahlivosťou model popisuje premenné.

Aplikovaním regresnej analýzy na dáta sme dostali regresnú funkciu (14)

$$\text{Objem diery} = 5,93 \times V_v \quad (14)$$

Koeficient determinácie 99,96 % potvrdzuje kvalitu spočítaného modelu. Z analýzy jasne vyplýva, že objem diery a merný objem sú silne lineárne závislé. Parameter V_v je preto plnohodnotnou náhradou za nenormalizovaný parameter objem diery. Graf lineárnej regresie pre parametre objemu je zobrazený na obrázku 57. Výstup regresnej analýzy je uvedený v prílohe J.



Obr. 57) Graf lineárnej regresie pre parametre objemu

8.4 Analýza dát vpichov – základná štatistika (výškové parametre)

Skupiny dát boli opäť otestované na normalitu, aby sme overili, či pochádzajú so súboru s normálnym rozdelením. Ako hladina významnosti bola použitá $\alpha=0,05$ %.

Nulová hypotéza bola opäť zamietnutá pre sledované parametre skupiny PDEL. Test normality pre ostatné parametre zamietnutý nebol (Príloha E). Rozdelenie nameraných dát bolo zobrazené v histograme, vynímajúc skupinu NOK pre malý počet hodnôt (Príloha E). Pri testovaní boli vyhodnotené i základné štatistické parametre ako aritmetická priemerná hodnota a smerodajná odchýlka.

Porovnaním výsledkov základnej štatistiky pre parameter maximálna hĺbka diery vidíme, že najväčšia diera vznikla v správne odpálených nábojniciach skupiny OK. Priemerná hodnota bola 0,612 mm, no s pomerne vysokou smerodajnou odchýlkou až 0,051. Nakoľko ide o druhú odmocninu rozptylu, táto hodnota nám hovorí o vysokom kolísaní dát. Správne odpálené nábojnice z univerzálneho záveru majú priemernú hodnotu podielu výrazne menšiu (0,559 mm), no s menším rozptylom dát (smerodajná odchýlka = 0,027 mm). Tento výrazný rozdiel môže byť ovplyvnený rozdielnym tvarom zápalníka. Priemerná hodnota skupiny nábojov PDEL, ktoré boli pred odpalom delaborované, je o viac ako 0,02 vyššia v porovnaní so skupinou POK. Tento rozdiel hovorí o smere uvoľňovania energie prachovej náplne, ktorá pôsobí von z hlavne i dnu do lôžka zbrane. Najnižšia hodnota parametra maximálna hĺbka diery bola u skupiny NOK. Nakoľko ide o zlyhané náboje, vpich malej hĺbky bol očakávaný. Základná štatistika pre parameter maximálna hĺbka diery je uvedená v tabuľke 6.

Tab 6) Štatistické parametre maximálnej hĺbky diery

Maximálna hĺbka diery	Priemerná hodnota (mm)	Smerodajná odchýlka (mm)
OK	0,6120	0,05081
POK	0,5590	0,02713
PDEL	0,5797	0,05077
NOK	0,3372	0,06761

Dáta maximálnej hĺbky dna boli opäť podrobené testu normality. Nulovú hypotézu že dáta pochádzajú zo súboru s normálnym rozdelením sme nezamietli pre skupiny OK, POK, a NOK (Príloha E). Testy boli vykonané na hladine významnosti 0,05. Pre vizuálne zobrazenie rozloženia dát boli vytvorené histogramy. Pre skupinu NOK nebol vytvorený histogram z dôvodu malého množstva dát (Príloha E).

V tabuľke 7 sú uvedené základné štatistické parametre pre maximálnu hĺbku dna (Sv). Na prvý pohľad je zrejmé, že dáta kopírujú správanie parametra podielu hĺbky a výšky diery. Najvyššiu priemernú hodnotu maximálnej hĺbky dna majú vzorky skupiny OK (0,4786 mm), no s pomerne výraznou smerodajnou odchýlkou. Hodnota skupiny POK je o takmer 0,7 milimetra menšia. Priemerná hodnota maximálnej hĺbky dna vopred delaborovaných nábojníc (PDEL) je vyššia ako nábojníc odpálených klasicky, s prachovou náplňou. Najmenšia hĺbka dna vznikla vo vzorkách skupiny NOK.

Tab 7) Štatistické parametre maximálnej hĺbky dna

Sv - Maximálna hĺbka dna	Priemerná hodnota (mm)	Smerodajná odchýlka (mm)
OK	0,4785	0,03538
POK	0,4089	0,01623
PDEL	0,4107	0,03048
NOK	0,2878	0,05080

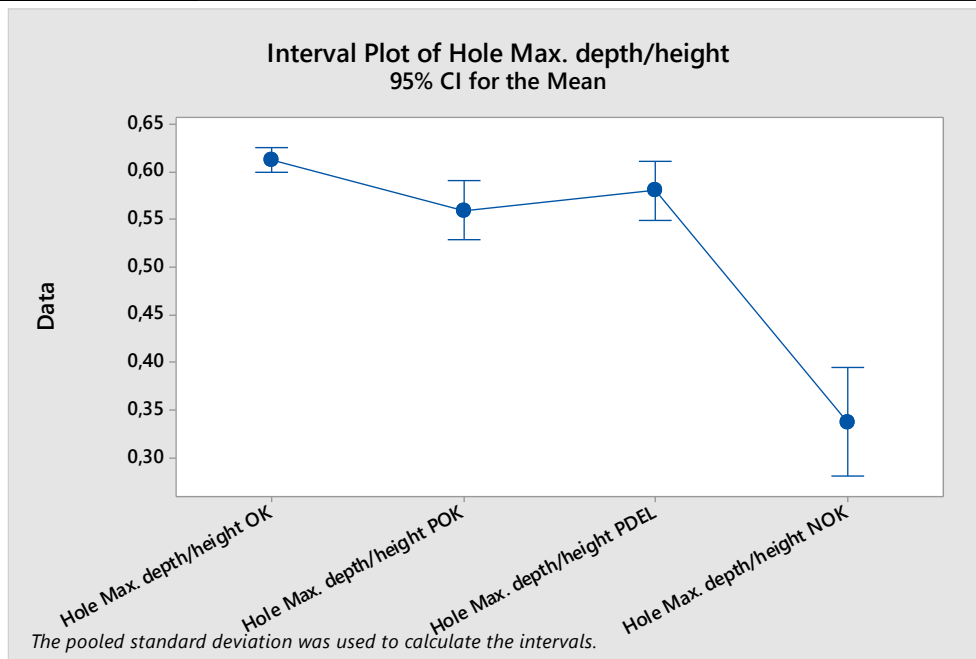
Podobne ako pri hodnotení parametrov objemu, i v prípade výškových parametrov vyšiel test normality na hladine významnosti 0,05 % negatívne pre dáta zo skupiny PDEL (Príloha E, Obr. E5). Odchýlka od normality dát bola opäť spôsobená vzorkou K4 n7, ktorá bola odpálená ako siedma z desiatich vzoriek. Rovnako ako v kapitole 8.2 som po dohode s vedúcim práce neodstránila vzorku zo súboru pri nasledujúcej analýze. Analýza ANOVA nie je touto vzorkou výrazne ovplyvnená vďaka svojej robustnosti.

8.5 Analýza dát vpichov – ANOVA (výškové parametre)

Dáta sledovaného parametra (maximálnej hĺbky diery) boli podrobené jednofaktorovému testu ANOVA. Táto analýza rozptylov testuje nulovú hypotézu, že priemerné hodnoty skupín (OK, POK, PDEL, NOK) sledovaného parametra, sú ekvivalentné na hladine významnosti $\alpha=0,05$ %.

Ako som uviedla v poslednom odstavci kapitoly 9.4, skupina PDEL nespĺňa podmienku normality na hladine významnosti 0,05. Odchýlka od normality dát tejto skupiny nemá výrazný vplyv na výstup analýzy. Pre otestovanie zhodnosti rozptylov, bol vykonaný Levenov test. Pre sledovaný faktor, maximálnu hĺbku diery, nebola zamietnutá hypotéza, že rozptyly skupín dát sú zhodné na hladine významnosti 0,05. P hodnota testu bola 0,151 (Príloha H). Tento poznatok o zhodnosti rozptylov bol použitý ako vstup pre ANOVu.

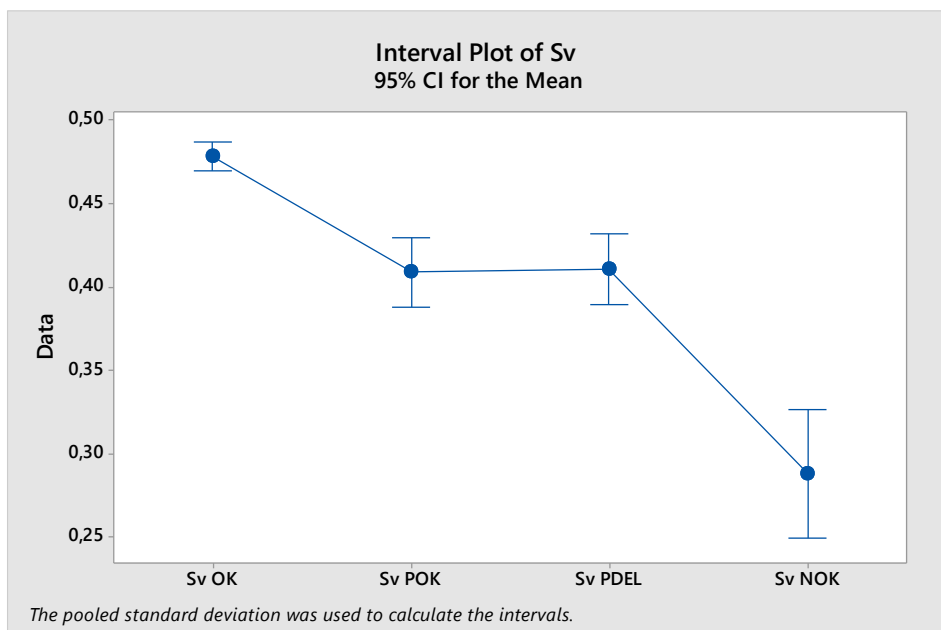
P-hodnota testu ANOVA bola 0,000. Na základe toho bola zamietnutá nulová hypotéza, že priemerné hodnoty skupín dát sledovaného parametra sú zhodné na hladine významnosti $\alpha=0,05$ %. Obrázok 58 zobrazuje graf zobrazujúci rozdiely medzi aritmetickými hodnotami jednotlivých pozorovaných skupín aj s intervalmi spoľahlivosti. V prílohe H je uvedený kompletný výstup z analýzy ANOVA pre faktor maximálnej hĺbky diery.



Obr. 58) Porovnanie priemerných hodnôt s konfidenčnými intervalmi parametra maximálnej hĺbky diery pre skúmané skupiny

Jednofaktorová analýza ANOVA bola vykonaná i pre dáta parametra maximálna hĺbka dna. Normalitu dát sme pri teste opäť nepredpokladali. Na overenie zhody rozptylov bol použitý Levenov test, ktorý nevyžaduje aby dáta pochádzali zo súboru s normálnym rozdelením. P hodnota testu bola 0,054. Ako rozlišovacia hodnota bola použitá hladina významnosti $\alpha=0,05$. Nulovú hypotézu, predpokladajúcu zhodnosť rozptylov sledovaných skupín dát, preto nezamietam (Príloha H).

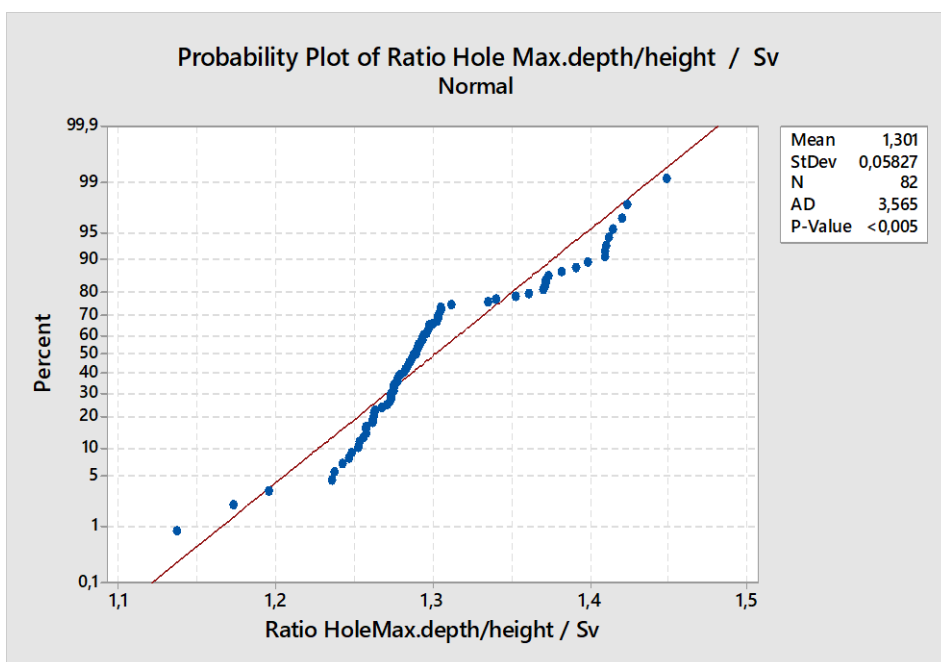
Výstup analýzy ANOVA pre parameter maximálna hĺbka dna bol rovnaký ako pri hodnotení predošlého parametra. P hodnota bola výrazne nižšia ako hladina významnosti. Preto zamietam nulovú hypotézu, že všetky priemerné hodnoty skúmaného parametra sú zhodné na hladine významnosti $\alpha=0,05$. Na obrázku 59 je graficky znázornená nezhodnosť priemerných hodnôt sledovaných skupín i so spoľahlivostnými intervalmi. Kompletný výstup analýzy je uvedený v prílohe H.



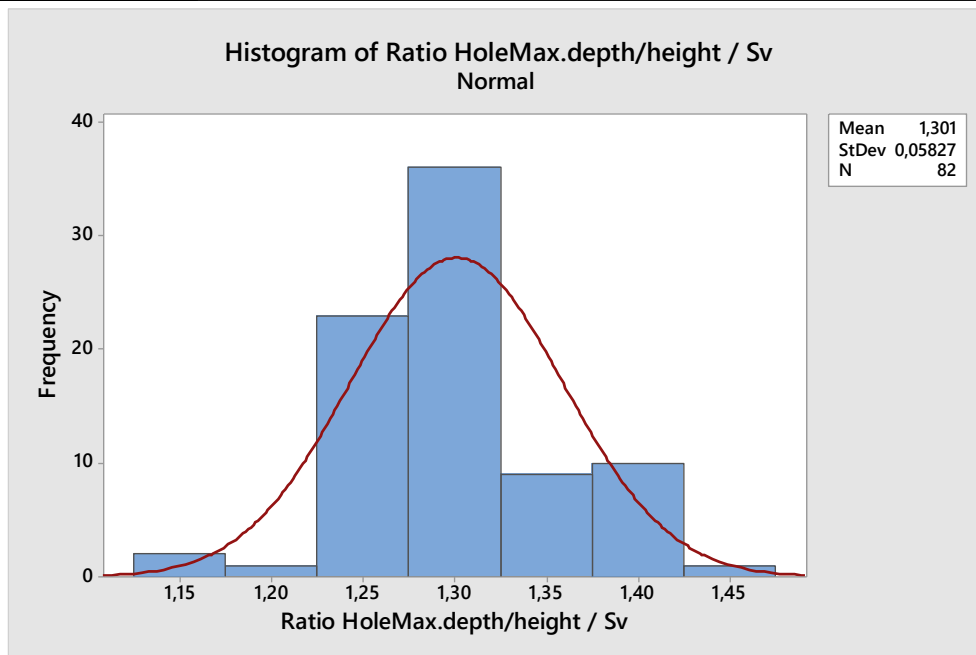
Obr. 59) Porovnanie priemerných hodnôt s konfidenčnými intervalmi Sv (maximálna hĺbka dna) pre skúmané skupiny

Podobne ako pri hodnotení parametra objemu diery aj v tomto prípade sa snažíme nájsť normovaný parameter, ktorého dáta sa budú správať rovnako. Parameter maximálna hĺbka dna (Sv) najviac kopíruje priebeh dát parametra maximálnej hĺbky diery.

Opäť sme porovnali hodnoty oboch výškových parametrov (podobne ako pri parametroch objemu). Na obrázku 60 je zobrazený pravdepodobnostný graf podielu týchto dvoch parametrov hĺbky priehlbiny. Veličina má opäť rozdelenie pomeru dvoch korelovaných náhodných veličín s normálnym rozdelením. Histogram tejto novej veličiny je zobrazený na obrázku 61. Výstup z testu normality a histogram sú uvedené aj v prílohe E.



Obr. 60) Graf normality pre podiel maximálnej hĺbky diery / maximálnej hĺbky dna (Sv)

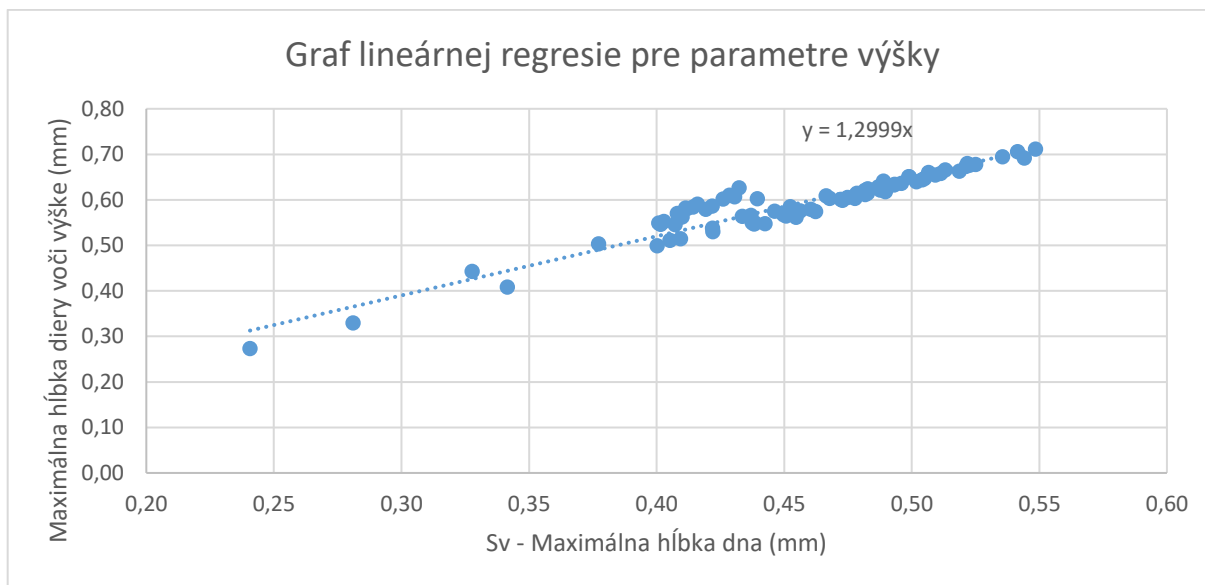


Obr. 61) Histogram pre podiel maximálnej hĺbky diery / maximálnej hĺbky dna (Sv)

Na dáta parametrov výšky bol opäť použitý lineárny regresný model bez konštanty. Aplikovaním regresnej analýzy na dáta sme dostali regresnú funkciu (15) s koeficientom determinácie 99,85 %.

$$\text{Max. hĺbka diery} = 1,29 \times Sv \quad (15)$$

Z výstupov analýzy teda môžeme konštatovať, že dáta parametra maximálna hĺbka diery a parametra maximálna hĺbka dna sú silne lineárne závislé. Vďaka tomu môžeme sledovať ktorýkoľvek z porovnávaných parametrov a chýbajúci následne dopočítať. Graf na obrázku 62 zobrazuje závislosť sledovaných výškových parametrov. Kompletný výstup regresnej analýzy je uvedený v prílohe K.



Obr. 62) Graf lineárnej regresie pre parametre výšky

8.6 Vyhodnotenie dát pre parameter polohy

Dáta boli zobrazené v programe TalyMap v podobe mapy povrchu, kde boli farebne odlíšené výškové rozdiely. Vyrovnanie dát bolo vykonané podľa roviny dna nábojnice. Nezobrazené body neboli doplnené, nakoľko príliš skresľovali povrch. Vyhodnotený bol priemerný výškový rozdiel medzi rovinou zápalky (1) a rovinou dna nábojnice (2). Rovina zápalky bola spočítaná preložením roviny najmenších štvorcov cez nedeformovanú časť povrchu zápalky. Podobne, preložením roviny najmenších štvorcov cez povrch dna nábojnice sme vytvorili rovinu dna nábojnice. Vyhodnotili sme priemernú výšku v oblasti roviny 1 a 2 a následne spočítali rozdiel medzi nimi. Keďže tieto roviny nie sú rovnobežné, nebolo možné vyhodnotiť vzdialenosť týchto rovín priamo.

8.7 Analýza dát pre parameter polohy – základná štatistika

Všetky dáta boli podrobené testu normality, na overenie ich pôvodu zo súboru s normálnym rozdelením. Ako rozlišovacia hodnota bola použitá hladina významnosti $\alpha=0,05$. Test vyšiel pozitívne pre skupiny OK, POK, NOK. Preto v ich prípade nezamietam nulovú hypotézu, že dáta pochádzajú zo súboru s normálnym rozložením na hladine významnosti 0,05 %. Pre dáta súboru PDEL test normality opäť zamietam. Spolu s testom normality boli vyhodnotené i základné štatistické parametre ako priemerná hodnota a smerodajná odchýlka. Výstupy testov sú uvedené v prílohe F. Rozdelenie početností dát bolo zobrazené pomocou histogramu pre každú skupinu, vynímajúc NOK, nakoľko v nej sa nachádzajú len 3 hodnoty. Rozloženie dát skupín OK a POK v histogramoch približne kopíruje tvar Gaussovej krivky (Príloha F). Ide teda o typické správanie sa dát normálneho rozdelenia.

Hodnotený parameter bol priemerný rozdiel medzi rovinou nábojnice, značenou číslom 2, a rovinou zápalky, značenou ako 1. Záporná hodnota preto znamená, že zápalka vystupuje von z nábojnice. A naopak kladná hodnota znamená, že zápalka je hlbšie zalisovaná.

Štandardne odpálené nábojnice (OK, POK) majú rovinu zápalky takmer totožnú s rovinou nábojnice. Priemerné hodnoty sú v oboch prípadoch záporné, rádovo v stotínach milimetrov (OK = -0,031 mm, NOK = -0,026 mm), takže je zápalka len trochu vystúpená. Smerodajné odchýlky priemerných hodnôt oboch skupín sú v tisícinách milimetra. V prípade univerzálneho záveru je hodnota smerodajnej odchýlky vyššia. Rozptyl hodnôt je teda väčší.

Z dát vyplýva, že pri iniciovaní nábojnice s prachovou náplňou dôjde k zatlačeniu zápalky (zápalnou zlohou) a spolu s ňou i nábojnice na čelo záveru.

V prípade vopred delaborovanej skupiny nábojníc je rozptyl dát výrazne väčší až takmer 0,07 mm. Nakoľko je hodnota aritmetického priemeru nižšia (-0,053 mm) ako smerodajná odchýlka, môžeme konštatovať, že poloha zápalky voči nábojnici výrazne kolíše. Záporný výsledok priemeru ukazuje, že počet vzoriek s vystupujúcimi zápalkami von z nábojnice prevyšuje. Z vyhodnotených dát môžeme konštatovať nasledovné. Po iniciovaní zápalky vytlačí tlak zápalnej zložky kalíšok dozadu na čelo záveru. Nakoľko bola nábojnica delaborovaná, tlak prachovej náplne nepôsobil na dno nábojnice a nedošlo k jej zatlačeniu o záver. Vytlačená bola preto len zápalka.

Zlyhané náboje v skupine NOK majú zápalku zalisované hlbšie v nábojnici, v rovnakej polohe ako z výroby. Nakoľko k iniciácii nedošlo, poloha zápalky voči nábojnici inak ovplyvnená nebola. Priemerná hodnota výškového rozdielu je 0,11 mm.

Všetky vyhodnotené parametre základnej štatistiky sú uvedené v tabuľke 8.

Tab 8) Štatistické parametre priemerného výškového rozdielu medzi rovinou dna nábojnice (2) a rovinou zápalky (1)

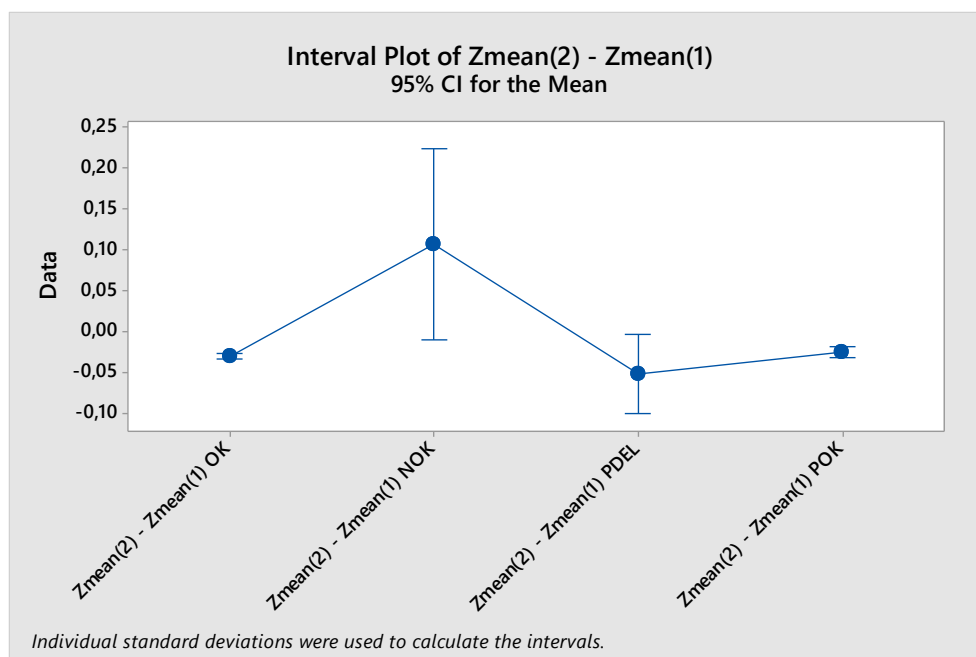
Zmean(2) - Zmean(1)	Priemerná hodnota (mm)	Smerodajná odchýlka (mm)
OK	-0,03163	0,004492
POK	-0,02642	0,009374
PDEL	-0,05283	0,06873
NOK	0,1054	0,04716

8.8 Analýza dát pre parameter polohy – ANOVA

Na sledovaný faktor (výškový rozdiel medzi rovinou dna nábojnice a rovinou zápalky) bol použitý test, jednofaktorová ANOVA. Testovaná bola hypotéza, že priemerné hodnoty skupín (OK, POK, PDEL, NOK) sú štatisticky významne zhodné na hladine významnosti 0,05.

Analýza bola vykonaná bez predpokladu normálneho rozdelenia dát (súbor dát skupiny PDEL nepochádza zo súboru s normálnym rozdelením na hladine významnosti 0,05). Levenov test zhodných rozptylov bol zamietnutý na hladine významnosti 0,05. P hodnota bola 0,044 (Príloha I).

Hypotéza, že priemerné hodnoty skupín sledovaného parametra sú zhodné na hladine významnosti $\alpha=0,05$ %, bola zamietnutá. Hodnota p bola 0,01. Na obrázku 63 je zobrazený graf, ktorý vizuálne ukazuje rozdiely medzi aritmetickými priermi jednotlivých skupín aj s intervalmi spoľahlivosti. Kompletný výstup z analýzy ANOVA, pre faktor výškový rozdiel medzi rovinou dna nábojnice a rovinou zápalky, je uvedený v prílohe I.



Obr. 63) Porovnanie priemerných hodnôt s konfidenčnými intervalmi parametra výškový rozdiel medzi rovinou dna nábojnice a rovinou zápalky pre skúmané skupiny

8.9 Odporúčanie pre prax

Vzhľadom na to, že výsledky tejto práce sú len orientačné, odporúčam pokračovanie výskumu.

Bolo by vhodné preskúmať vplyv tvaru a uhlu dopadu zápalníka na spoľahlivosť iniciácie zápaliek. To by bolo možné formou plánovaného experimentu založeného na postupe skúšania zápaliek metódou dvoch výšok, resp. metódou run-down. Z praktického hľadiska je možné túto skúšku vykonať odpalom zápaliek delaborovaných nábojníc alebo odpálením samostatných zápaliek v skúšobnom puzdre. Nakoľko geometria odpálenej zápalky a odpálenej zápalky z ostrého náboja je výrazne odlišná, ideálne by bolo vykonať experiment i pre ostré náboje. To by si však vyžadovalo návrh a výrobu bezpečnej skúšobnej zbrane, umožňujúcej dostatočnú kontrolu nad faktormi experimentu.

Užitočné by bolo preskúmať možnosť náhrady skúšania ostrých nábojov za skúšanie nábojov delaborovaných. To by bolo možné vykonať odpalom vzoriek ostrých a delaborovaných nábojov z viacerých zbraní rovnakého kalibru. Regresnou analýzou výsledných deformácií zápaliek by bolo možné zistiť, či je medzi deformáciou u ostrých a delaborovaných nábojov dostatočne tesný vzťah, ktorý by umožnil ich zámenu. Prvým krokom by mohlo byť porovnanie ostrých a delaborovaných nábojov z kozlice Brno Combo. V blízkej dobe by mala prebehnúť výroba ďalšej série kozlíc kalibru .30-06 Springfield, na ktorej by bolo možné s týmito skúškami začať.

V nasledujúcich výskumoch odporúčam pokračovať v hodnotení objemu diery alebo maximálnej hĺbky diery. Na vyhodnotenie je možné použiť analýzu objemu a hĺbky diery, ktorá nie je normalizovaná, alebo normalizované plošné parametre charakteru povrchu prázdny objem (V_v) a maximálna hĺbka dna (S_v). Z tejto práce vykonanej korelačnej analýzy vyplýva, že ich výsledky sú plne zameniteľné.

Zaujímavé je, že sa v jednej pozorovanej skupine vyskytla odláhla hodnota. Toto pozorovanie nás doviedlo k myšlienke na využitie rozdelenia pravdepodobnosti ako hodnotiaceho kritéria kvality bicieho mechanizmu. Dobře navrhnutý a správne vyrobený bicí mechanizmus by mal produkovať konzistentnú geometriu vpichu v zápalke. Odchýlky od hodnôt významných parametrov deformácie napr. objemu a hĺbky vpichu by mali byť minimálne a vykazovať normálne rozdelenie. Akékoľvek odchýlky od tohto stavu by upozornili na nedostatky konštrukcie, problém vo výrobe, či opotrebenie mechanizmu.

Ak nie možné vyhodnotiť deformáciu zápalky v 3D, malo by byť možné použitie precízneho profilometra na vyhodnotenie výškových profilových parametrov, napríklad P_v . Meranie profilometrom nebolo v diplomovej práci zahrnuté, nakoľko vhodný prístroj nebol k dispozícii. Ďalšie práce v tejto oblasti by sa mohli zamerať aj na využitie dotykových profilometrov.

Námetom pre ďalšiu štúdiu, by mohlo byť aj sledovanie polohy vpichu na zápalke. Nakoľko na vzorkách nebola označená poloha nábojnice pri odpale, geometrickú konzistentnosť polohy vpichu nebolo možné analyzovať.

ZÁVER

Diplomová práca sa zaoberá hodnotením kvality bicieho mechanizmu guľobrokovvej kozlice Brno Combo.

Prvý cieľ práce stanovený zadáním, analýza funkcie bicieho mechanizmu, je spracovaný v kapitolách 1 a 2. V prvej kapitole je definovaný bicí mechanizmus a jeho funkcia. Bicie mechanizmy sú podľa spôsobu prenosu, prípadne kumulácie energie rozdelené na bicie mechanizmy s bicou pružinou a bez nej. Prevodový prvok, kladivko, prenáša energiu rotačným alebo lineárnym pohybom na úderník. Jeho zaoblená časť udiera na zápalku, ktorá iniciuje zápal prachovej náplne.

Druhá kapitola rozoberá bicí mechanizmus hodnotenej zbrane, guľobrokovvej kozlice Brno Combo. Popisuje napínanie a uvoľňovanie mechanizmu, so zameraním na jeho atypickú konštrukciu.

Tretia kapitola sa zaoberá zápalkami. Práve znalosť priebehu iniciácie je nevyhnutná pre pochopenie fungovania priebehu odpalu. V kapitole sú popísané najčastejšie typy zápalu a najviac využívané zápalky, vrátane zápalky typu BOXER 5,3 LR použitej v práci.

Vo štvrtej kapitole sú podrobne rozobrané požiadavky na kvalitu bicieho mechanizmu. V závere kapitoly sú definované vlastnosti kvality bicieho mechanizmu a kvantitatívne parametre, ktorými sú hodnotiteľné. Tým je splnený druhý cieľ práce, ktorým bolo stanovenie kritérií na hodnotenie kvality bicieho mechanizmu. Keďže priame hodnotenie mechanizmu nie je prakticky možné, bolo rozhodnuté ako znaky funkčnosti bicieho mechanizmu hodnotiť vpichy po úderníku zostávajúce v zápalkách.

Piata kapitola popisuje princíp mikroskopu Alicona InfiniteFocus 4G použitého pri snímaní vpichov. Podrobnejšie definuje metódu Focus Variation. Metóda sníma výškové hladiny povrchu a spája ich do topografickej mapy povrchu. Jedná sa o svetelný mikroskop, pre ktorý je kľúčové nastavenie osvetlenia. Je možné použiť klasické súosové osvetlenie, kruhové LED osvetlenie a pre odfiltrovanie odrazených lúčov je vstavaný polarizačný filter. Meranie bolo vykonané v laboratóriu firmy Intemac Solutions s.r.o.

Šiesta kapitola popisuje 2,5D meranie, jeho obmedzenia a niektoré parametre normy ISO 25178. Snímanie povrchu z jedného smeru neumožňuje rozpoznanie šikmých výstupkov a plôch s vysokým stúpaním. Absenciu dát sme schopní doplniť, pomocou softwarových nástrojov. Posledná podkapitola je venovaná objemovým parametrom, výškovým parametrom a parametrom polohy podľa normy ISO 25178.

Siedma kapitola sa venuje samotnému meraniu vpichov v zápalkách. Z dôvodu pôsobenia úderníka na zápalku pod uhlom, sme v spolupráci so Zbrojovkou Brno s. r. o. vytvorili merací prípravok, ktorý naklonil vzorky v smere osi pôsobenia úderníka. Boli zmerané vzorky rozdelené do štyroch skupín - OK sú označené vzorky odpálené zo zbrane Brno Combo, NOK sú náboje zlyhané pri skúšaní zbrane Brno Combo, POK sú značené nábojnice odpálené z univerzálneho záveru a PDEL sú nábojnice, ktoré boli pred odpalom delaborované. Nastavené osvetlenie, kombinácia súosového osvetlenia a kruhového doplnené o polarizačný filter, bolo opakovateľné na 99 % meraní.

Pred začiatkom merania sme na jednej nábojnici vyskúšali nastavenia. Zosnímaná bola z pohľadu kolmo aj naklonená pod uhlom 20°. Vyhodnotený objem v druhom prípade

bol o približne 1 % menší. Na základe teórie o 2,5D meraní bolo rozhodnuté merať v polohe kolmo.

Dáta boli vyhodnotené v programe TalyMap Gold 6.2. V prípade potreby bola vykonaná interpolácia nezobrazených bodov. Pre 79 vzoriek z 82 interpolácia nepresiahla hodnotu 0,01 % bodov povrchu. Vyšší počet nezobrazených bodov sa vyskytol pri snímaní zlyhaných nábojníc. Vyhodnotené boli parametre objem diery, maximálna hĺbka diery, prázdny objem (V_v), maximálna hĺbka dna (S_v), výškový rozdiel medzi rovinou dna nábojnice a rovinou zápalky. Výsledky boli štatisticky analyzované v programe Minitab.

Jednotlivé skupiny dát boli podrobené testu normality na hladine významnosti 0,05. Nulová hypotéza overuje pôvod dát zo súboru s normálnym rozdelením. Rozloženie dát bolo vizualizované pomocou histogramu. Vytvorené boli len pre skupiny s počtom hodnôt vyšším ako $N=3$. Následne boli dáta podrobené testu analýzy rozptylov.

Analýzou základnej štatistiky skupín parametrov vieme podrobnejšie popísať priebeh odpalu a správanie sa nábojnice. Z výsledkov analýzy parametrov objemu plynie, že energia vzniknutá zapálením prachovej náplne sa uvoľňuje urýchlením náboja smerom von z hlavne aj dnu do lôžka zbrane. Rozdiel v preliačinách nábojníc odpálených z hodnotenej zbrane a z univerzálneho záveru bol zapríčinený odlišným tvarom zápalníka, či smerom pôsobenia výslednice síl. Dopadajúca ploška zápalníka kozlice je síce vyhladená v smere osi zbrane, no silová výslednica pôsobí pod uhlom.

Analýza parametrov diery nie je normalizovaná a nemusí byť podporovaná vo všetkých softwaroch používaných k analýze dát. Pre tento dôvod sme vybrali parametre z normy ISO 25178, prázdny objem (V_v) a maximálnu hĺbku dna (S_v), ktoré kopírujú priebeh objemu diery a maximálnej hĺbky diery. Pri hodnotení parametrov výšky sme postupovali rovnako ako pri hodnotení parametrov objemu.

Aplikovaním lineárneho regresného modelu bez konštanty, sme určili regresnú funkciu pre vzťahy parametrov objemu a vzťahy parametrov výšky. Koeficient determinácie pre objemové parametre mal hodnotu 99,96, pre výškové parametre mal hodnotu 99,85 %. To potvrdilo lineárnu závislosť normalizovaných a nenormalizovaných parametrov. Tento výsledok je ideálny, pretože umožňuje vzájomné zamieňanie parametrov pre analýzu. V prípade absencie vhodného softwaru sme tak schopní vyhodnotiť parameter objem diery a maximálnu hĺbku diery prepočtom podľa rovníc regresnej funkcie.

Posledný hodnotený parameter mal overiť predpoklad o zmene polohy zápalky voči nábojnici pri výstrele. Hodnotený bol výškový rozdiel medzi rovinou dna nábojnice a rovinou zápalky. Štandardne odpálené nábojnice majú zápalku vysunutú o 0,031 mm pre OK a o 0,026 pri POK. Iniciovaním prachová náplň expanduje. Tlak plynov vytvorí piest, ktorý pritlačí zápalku a dno nábojnice o čelo záveru. Zápalky nábojníc skupiny PDEL sú viac vyčnievajúce. Tlak iniciovanej zápalkovej zlože vytlačí kalíšok dozadu na čelo záveru, no z dôvodu absencie prachovej náplne nedôjde k pritlačeniu dna nábojnice o záver. Neodpálené nábojnice skupiny NOK vykazujú hlbšie umiestnenie zápalky voči dnu nábojnice. Neposunuli sa z polohy, do ktorej boli zalisované pri výrobe.

Vo všetkých parametroch skupiny PDEL bola jedna hodnota výrazne vzdialená od ostatných. Test normality pre skupinu PDEL vyšiel pre každý parameter negatívne. To je zaujímavý fakt, nakoľko súbor obsahuje výsledky hodnotenia desiatich po sebe idúcich úderov bicieho mechanizmu na 10 nábojov, pochádzajúcich z jednej krabice. K odpalu došlo za rovnakých podmienok v priebehu niekoľkých minút. Nábojnica K4n7, spôsobujúca

odchýlku od normality bola vystrelená ako siedma z desiatich vzoriek. Odstránením vzorky zo súboru, by dáta pochádzali zo súboru s normálnym rozdelením na hladine významnosti 0,05 %. Táto odchýlka od normality značí, že mechanizmus nepracuje konzistentne.

Práve sledovanie konzistentnosť dát sa javí vhodným kritériom pre hodnotenie kvality mechanizmu. Preto navrhujem hodnotiť normalitu rozdelenia na väčšom súbore dát, ktoréhokoľvek vyššie spomenutého parametra. Ideálne by bolo aby boli dáta normálne s minimálnou smerodajnou odchýlkou. To by znamenalo, že mechanizmus pri každom cykle pracuje rovnako. Vonkajšie vplyvy ako napríklad naklonenie zbrane by nemali ovplyvňovať kvalitu práce mechanizmu.

Dostupnejšou alternatívou vyhodnocovania hĺbky vpichu a polohy zápalky voči nábojnici by bolo použitie precízneho kontaktného profilometra, ktorý je dostupný vo väčšine firiem. Vyhodnocovanie by sa zameralo na výškový parameter P_v . Tento parameter nebol testovaný v práci, nakoľko vhodný profilometer nebol k dispozícii.

Táto práca nie je konečným slovom v otázke hodnotenia kvality bicích mechanizmov, naopak je potrebné pokračovať v ďalšom výskume v tejto oblasti. Ten by sa mal zamerať okrem iného na možnosť náhrady skúšania ostrých nábojov za skúšanie nábojov delaborovaných, vplyv sklonu a tvaru úderníka na spoľahlivý odpal a konzistentnosť polohy vpichu rôznych mechanizmov.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] ČSN EN ISO 9000 *Systémy managementu kvality - Základní principy a slovník*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [2] JANKOVÝCH, Róbert a Jozef MAJTANÍK. *Jakost zbraní a střeliva*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2006. ISBN 978-80-248-1208-3.
- [3] FIŠER, Miroslav, Peter LIPTÁK, Stanislav PROCHÁZKA, Martin MACKO a Milan JOZEFEK. *Automatické zbrane: Konštrukcia, skúšanie*. Trenčín: Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne, 2006. ISBN 80-8075-089-0.
- [4] FIŠER, Miloslav. *Konstrukce loveckých, sportovních a obranných zbraní*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2006. ISBN 978-80-248-1021-8.
- [5] STN 39 5002 *Zbrane pre civilnú potrebu. Civilné strelné zbrane a strelivo. Všeobecné termíny a definície*. Bratislava: Slovenský ústav technickej normalizácie, 2002.
- [6] FIŠER, Miloslav a Lubomír POPELÍNSKÝ. *Úvod do projektování zbraňových systémů: malorážové zbraně*. Brno: Univerzita obrany, 2009. ISBN 978-80-7231-666-3.
- [7] TKADLEC, Jozef. *Analytický model dynamiky bicího mechanismu palné zbraně*. Brno, 2017. Bakalárska práca. Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedúci práce Ing. Petr Šperka, Ph.D.
- [8] MACKO, Martin. *Teorie a výpočty loveckých, sportovních a obranných zbraní*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-1255-X.
- [9] Rozhovor s Ing. Vítězslavom VESPALCOM, Zbrojovka Brno s.r.o. Brno 13.3.2019.
- [10] Interná výrobná a iná technická dokumentácia Zbrojovka Brno s.r.o.
- [11] CARAS, Ivo. *Střelivo: do ručních palných zbraní*. Praha: ARS-ARM, 1995. ISBN 80-900-8338-2.
- [12] KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2006. ISBN 978-80-248-1254-0.
- [13] JANKOVÝCH, Róbert.: *Hlavňové zbraně a střelivo*. Brno: VUT, FSI 2012 (E-Skriptum). ISBN 978-80-260-2384-5.
- [14] TŮMA, Václav. *Analýza konstrukce a funkční vlastnosti zápalek*. Ostrava, 2016. Bakalárska práca. Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování. Vedúci práce Doc. Ing. Jan Komenda, CSc.
- [15] *Sellier&Bellot* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.sellier-bellot.cz/>
- [16] CHABINIOK, Pavel. *Hodnocení kvality lovecké zbraně*. Brno, 2016. Bakalárska práca. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedúci práce Doc. Ing. Róbert Jankových, CSc.
- [17] JANKOVÝCH, Róbert a Jozef MAJTANÍK. *Spolehlivost zbraní a střeliva*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1429-2.
- [18] Vyhláška č. 335/2004 Sb. Ze dne 31.05.2004 kterou se provádí zákon o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů a o zacházení s některými pyrotechnickými výrobky.
- [19] ČSN EN 60300-1 *Management spolehlivosti. Část 1, Systémy managementu spolehlivosti = Dependability management. Part 1, Dependability management systems*. Praha: Český normalizační institut, 2004.

- [20] ČSN EN 13306 *Údržba - Terminologie údržby*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- [21] Focus-Variation The technical principle. *www.alicon.com* [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.alicon.com/focus-variation/>
- [22] KAPŁONEK, Wojciech, Krzysztof Nadolny NADOLNY a Grzegorz M. Królczyk M. KRÓLCZYK. The Use of Focus-Variation Microscopy for the Assessment of Active Surfaces of a New Generation of Coated Abrasive Tools. *MEASUREMENT SCIENCE REVIEW* 16 [online]. 2016, 42-53 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/msr.2016.16.issue-2/msr-2016-0007/msr-2016-0007.pdf>
- [23] HIERSEMENZEL, Florine. *Development towards a focus variation based micro-coordinate measuring machine*. 2014. A Doctoral Thesis. Loughborough University. Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/pdf/42479649.pdf>
- [24] LEACH, Richard. *Optical Measurement of Surface Topography*. Chennai, India: Springer, 2011. ISBN 978-3-642-12011-4.
- [25] XU, Dake. *Microbiologically Influenced Corrosion (MIC) Mechanisms and Mitigation*. 2013. A Doctoral Thesis. Russ College of Engineering and Technology of Ohio University. Dostupné z: https://etd.ohiolink.edu/!etd.send_file?accession=ohiou1374856931&disposition=inline
- [26] DANZL, Reinhard, Franz HELMLI a Stefan SCHERER. Focus Variation – a Robust Technology for High Resolution Optical 3D Surface Metrology. *Strojnický vestník - Journal of Mechanical Engineering* 57 [online]. 2011, 245-256 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: https://www.sv-jme.eu/?ns_articles_pdf=/ns_articles/files/ojs/48/submission/copyedit/48-140-1-CE.pdf&id=2852
- [27] BOLTON-KING, Rachel S, J Paul O EVANS, Clifton L SMITH, Jonathon D PAINTER, Derek F ALLSOP a Wayne M CRANTON. What are the Prospects of 3D Profiling Systems Applied to Firearms and Toolmark Identification?. *AFTE Journal* 42 [online]. 2010, (1), 23-33 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: http://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/13334/1/197212_Bolton-King%20AFTE.pdf
- [28] Choose the Correct Illumination. In: *Edmundoptics.com* [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.edmundoptics.com/resources/application-notes/illumination/choose-the-correct-illumination/>
- [29] MURPHY, Douglas B. a Michael W. DAVIDSON. *Fundamentals of light microscopy and electronic imaging*. 2nd ed. Hoboken, N.J.: Wiley-Blackwell, 2013. ISBN 978-0-471-69214-0.
- [30] COLOSIMO, Bianca M. *Geometric tolerances: impact on product design, quality inspection and statistical process monitoring*. London: Springer, 2011. ISBN 978-1-84996-311-4.
- [31] BEHAN, Avril. ON THE MATCHING ACCURACY OF RASTERISED SCANNING LASER ALTIMETER DATA. *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing* 33 [online]. 2000 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: www.isprs.org/
- [32] ČSN EN ISO 25178-2 *Geometrické specifikace produktu (GPS) - Textura povrchu: Plocha*. Část 2, Termíny, definice a parametry textury povrchu = Geometrical product specifications (GPS) - Surface texture: Areal. Part 2, Terms, definitions and surface texture parameters. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.

- [33] METELKOVÁ, Jitka. *Pokročilé metody vyhodnocování topografie povrchu*. Brno, 2014. Bakalárska práca. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedúci práce Prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
- [34] MONTGOMERY, Douglas C. *Introduction to statistical quality control*. 6th ed. Hoboken, N.J.: Wiley, 2009. ISBN 978-0-470-16992-6.
- [35] *Minitab 18 Support* [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://support.minitab.com/en-us/minitab/18/>

ZOZNAM SKRATIEK, SYMBOLOV, OBRÁZKOV A TABULIEK

Zoznam skratiek a symbolov

Skratky:

- LR – Veľká pušková zápalka (large rifle primer)
- NONTOX – Netoxická zápalková zlož na báze tetrazetanu
- SPCE – Poloplášťová strela s presekávacou hranou
- ČSN – Česká technická norma
- C. I. P. – Stála medzinárodná komisia na skúšky ručných strelných zbraní
- MTTF – Stredná doba do poruchy (mean time to failure)
- MTBF - Stredná doba medzi poruchami (mean time between failures)
- LED – Elektroluminiscenčná dióda (Light-Emitting Diode)
- CCD kamera – Nábojovo viazaná štruktúra (charge-coupled device)
- AFTE – Association of Firearm and Tool Mark Examiners
- ISO – Medzinárodná organizácia pre normalizáciu (International Organization for Standardization)
- VUT – Vysoké učení technické v Brně
- FSI – Fakulta strojního inženýrství
- OK – Nábojnice odpálené zo zbrane Brno Combo
- POK – Nábojnice odpálené z univerzálneho záveru so skúšobnou hlavňou
- PDEL – Nábojnice delaborované pred odpalom
- NOK – Nábojnice zlyhané pri skúšaní zbrane Brno Combo,
- ANOVA – Analýza rozptylov (ANalysis Of VAriances)

Symbody:

- I_{kl} – Osový moment zotrvačnosti kladivka k osi otáčania
- d_{ω}/d_t – Derivácia uhlovej rýchlosti kladivka podľa času
- $F_{bp}(x)$ – Sila bicej pružiny
- $F_o(x,v)$ – Súčet síl vyjadrujúci odpor proti pohybu úderníka
- k – Tuhosť pružiny
- d – Priemer drôtu pružiny
- G – Modul pružnosti v šmyku
- D – Stredný priemer závitov pružiny
- n_a – Počet činných závitov pružiny
- E_p – Potenciálna energia pružiny

x_1 – Rozdiel dĺžok pružiny v uvoľnenom a v stlačenom stave
 x_1' – Rozdiel dĺžok pružiny v uvoľnenom stave a v okamihu nárazu
 E_k – Kinetická energia kladivka
 I – Osový moment zotrvačnosti kladivka k osi otáčania
 ω_1 – Uhlová rýchlosť kladivka pred zrážkou s úderníkom
 E_{k0} – Kinetická energia kladivka pred zrážkou
 E_{ku} – Kinetická energia úderníka po zrážke s kladivkom
 E_{k1} – Kinetická energia kladivka po zrážke s úderníkom
 p_{k0} – Hybnosť kladivka pred zrážkou
 p_{ku} – Hybnosť úderníka po zrážke s kladivkom
 p_{k1} – Hybnosť kladivka po zrážke s úderníkom.
 E_i – Iniciačná energia
 m_z – Hmotnosť závažia
 g – Tiažové zrýchlenie
 H – Výška pádu.
 E_{ki}, \dot{u} – Kinetická energia úderníka
 E_{ini}, z – Iniciačná energia zápalky
 N – Počet kusov v sledovanom súbore
 t_i – Doba do poruchy i -tého kusu (vzorky) ($i=1, 2, \dots N$)
 n – Počet porúch v sledovanom súbore
 t_i – i -tá doba bezporuchovej prevádzky jedného kusu (vzorky) ($i=1, 2, \dots m; m \geq n$)
 R_a – Stredná aritmetická odchýlka profilu drsnosti
 L_c – Vyhodnocovaná dĺžka profilu drsnosti
 S_q – Priemerná kvadratická výška posudzovanej plochy
 S_{sk} – Šikmosť posudzovanej plochy
 S_{ku} – Špicatosť posudzovanej plochy
 S_p – Maximálna výška povrchu posudzovanej plochy
 S_v – Maximálna hĺbka priehlbiny posudzovanej plochy
 S_z – Maximálna výška posudzovanej plochy
 S_a – Priemerná aritmetická výška posudzovanej plochy
 V_m – Objem materiálu
 V_{mc} – Objem materiálu jadra posudzovanej plochy
 V_{mp} – Objem materiálu vrcholov
 V_v – Objem bez materiálu/prázdny objem
 V_{vc} – Objem jadra posudzovanej plochy bez materiálu/prázdny objem jadra posudzovanej plochy
 V_{vv} – Objem údolia bez materiálu/prázdny objem údolia posudzovanej plochy

Zoznam tabuliek

TAB 1) TECHNICKÁ ŠPECIFIKÁCIA MIKROSKOPU ALICONA G4 INFINITEFOCUS, UPRAVENÉ PODĽA [21]	48
TAB 2) PREHĽAD VÝŠKOVÝCH PARAMETROV [32]	57
TAB 3) PREHĽAD OBJEMOVÝCH PARAMETROV [32]	59
TAB 4) ŠTATISTICKÉ PARAMETRE OBJEMU DIERY	72
TAB 5) ŠTATISTICKÉ PARAMETRE PRÁZDNEHO OBJEMU	72
TAB 6) ŠTATISTICKÉ PARAMETRE MAXIMÁLNEJ HĽBKY DIERY	77
TAB 7) ŠTATISTICKÉ PARAMETRE MAXIMÁLNEJ HĽBKY DNA	78
TAB 8) ŠTATISTICKÉ PARAMETRE PRIEMERNÉHO VÝŠKOVÉHO ROZDIELU MEDZI ROVINOU DNA NÁBOJNICE (2) A ROVINOU ZÁPALKY (1)	83

Zoznam obrázkov

OBR. 1) INICIÁCIA NÁBOJA SO ZÁPALKOU SO STREDOVÝM ZÁPALOM [6]	17
OBR. 2) BICÍ MECHANIZMUS S PEVNE ULOŽENÝM ÚDERNÍKOM V ZÁVERE, UPRAVENÉ PODĽA [7]	18
OBR. 3) BICÍ MECHANIZMUS S VOĽNE ULOŽENÝM ÚDERNÍKOM V ZÁVORNÍKU, UPRAVENÉ PODĽA [7]	18
OBR. 4) ÚDERNÍKOVÝ BICÍ MECHANIZMUS, UPRAVENÉ PODĽA [7]	19
OBR. 5) KLADIVKOVÝ BICÍ MECHANIZMUS S PRIAMOČIARYM POHYBOM, UPRAVENÉ PODĽA [7]	19
OBR. 6) KLADIVKOVÝ BICÍ MECHANIZMUS S ROTAČNÝM POHYBOM, UPRAVENÉ PODĽA [7]	19
OBR. 7) BICÍ MECHANIZMUS PRE GUĽOVÝ NÁBOJ GUĽOBROKOVEJ KOZLICE BRNO COMBO V NAPNUTEJ POLOHE – POHĽAD ZBOKU, UPRAVENÉ PODĽA [10]	24
OBR. 8) BICÍ MECHANIZMUS PRE GUĽOVÝ NÁBOJ GUĽOBROKOVEJ KOZLICE BRNO COMBO V NAPNUTEJ POLOHE – POHĽAD ZHORA, UPRAVENÉ PODĽA [10]	24
OBR. 9) BICÍ MECHANIZMUS PRE GUĽOVÝ NÁBOJ GUĽOBROKOVEJ KOZLICE BRNO COMBO V NENAPNUTEJ POLOHE – POHĽAD ZBOKU, UPRAVENÉ PODĽA [10]	25
OBR. 10) BICÍ MECHANIZMUS PRE GUĽOVÝ NÁBOJ GUĽOBROKOVEJ KOZLICE BRNO COMBO V NENAPNUTEJ POLOHE – POHĽAD ZHORA, UPRAVENÉ PODĽA [10]	25
OBR. 11) UKÁŽKA RÔZNYCH DRUHOV ZÁPALIEK. [14]	27
OBR. 12) UKÁŽKA NAJČASTEJŠÍCH DRUHOV ZÁPALU S MECHANICKOU AKTIVÁCIOU. ŠÍPKY NA OBRÁZKU UKAZUJÚ SMER DOPADU ZÁPALNÍKA [5] ZBRANE NA INICIÁTOR (TMAVOU FARBOU) A–	

BOČNÝ ZÁPAL (SYSTÉM LEFAUCHEUX) B – OKRAJOVÝ ZÁPAL C – STREDOVÝ ZÁPAL [14]	28
OBR. 13) ZÁPALKÁ KONŠTRUKCIE 4,5 BERDAN, UPRAVENÉ PODĽA [14]	30
OBR. 14) ZÁPALKÁ KONŠTRUKCIE BOXER, UPRAVENÉ PODĽA [14]	30
OBR. 15) ZÁPALKÁ W 209 (FIRMY WINCHESTER) – REZ, 1 - KRYTKA, 2 - KOVADLINKA, 3 – OBJÍMKA, 4 - KALÍŠOK, 5 - KRYCIA FÓLIA, 6 - ZÁPALKOVÁ ZLOŽ [12]	31
OBR. 16) KOMPONENTY ZÁPALKY. ZĽAVA: KALÍŠOK, ZÁPALKOVÁ ZLOŽ, KRYCÍ KOTÚČ A KOVADLINKA [14]	32
OBR. 17) POMÔCKY KU SKÚŠKE CITLIVOSTI V PUZDRE METÓDOU DVOCH VÝŠOK. ZĽAVA: SKÚŠOBNÉ ZÁVAŽIA 55 G A 112 G, PÁDOVÝ STROJ KX4 [14]	33
OBR. 18) PRÍKLAD SKÚŠOBNÉHO PUZDRA [14]	33
OBR. 19) UKÁŽKA CITLIVOSTNEJ KRIVKY ZÁPALKY, UPRAVENÉ PODĽA [12]	34
OBR. 20) POJMOVÝ DIAGRAM DEFINUJÚCI KVALITU, POŽIADAVKU A ZNAK, UPRAVENÉ PODĽA [2]	37
OBR. 21) POŽIADAVKY NA LOVECKÚ ZBRAŇ BRNO COMBO, UPRAVENÉ PODĽA [16]	38
OBR. 22) POŽIADAVKY NA KVALITU BICIEHO MECHANIZMU	39
OBR. 23) POŽIADAVKY NA FUNKČNOSŤ BICIEHO MECHANIZMU	40
OBR. 24) POŽIADAVKY NA BEZPEČNOSŤ BICIEHO MECHANIZMU	41
OBR. 25) POŽIADAVKY NA SPOĽAHLIVOSŤ BICIEHO MECHANIZMU	42
OBR. 26) POŽIADAVKY NA POHOTOVOSŤ BICIEHO MECHANIZMU	43
OBR. 27) POŽIADAVKY NA BEZPORUCHOVOSŤ BICIEHO MECHANIZMU	44
OBR. 28) POŽIADAVKY NA UDRŽATEĽNOSŤ A ZABEZPEČENIE ÚDRŽBY BICIEHO MECHANIZMU	44
OBR. 29) ALICONA INFINITE FOCUS G4 [21]	47
OBR. 30) VÝŠKOVÉ HLADINY V INTERVALE HLĚBKÝ OSTROSTI POVRCHU S POUKÁZANÍM NA ZMENU KONTRASTU, UPRAVENÉ PODĽA [23] ..	49
OBR. 31) PRINCÍP FUNGOVANIA TECHNOLOGIE FOCUS VARIATION PRI HODNOTENÍ ROVINNEJ PLOCHY, UPRAVENÉ PODĽA [22]	50
OBR. 32) ZOBRAZENIE FRÉZOVACIEHO NÁSTROJA MIKROSKOPOM ALICONA, KRÚŽKOM OZNAČENÁ OBLASŤ NÁSLEDNE DETAILNE HODNOTENÁ A) V SKUTOČNÝCH FARBÁCH B) POUŽITÁ UMELÁ ŠKÁLA FARIEB DEFINUJÚCA ROZDIELNE HLĚBKÝ POVRCHU. [26] ..	51
OBR. 33) MOŽNOSTI OSVETLENIA. ZĽAVA: PRSTENCOVÉ OSVETLENIE, SÚOSOVÉ OSVETLENIE [28]	52
OBR. 34) ROZPTÝLENIE SVETLA SÚOSOVÉHO OSVETLENIA Z POVRCHU S VEĽKÝM STÚPANÍM, UPRAVENÉ PODĽA [23]	53

OBR. 35) PRINCÍP FUNGOVANIA POLARIZAČNÉHO FILTRA, UPRAVENÉ PODĽA [29]	54
OBR. 36) ZOSNÍMANIE ŠIKMÉHO VÝSTUPKU POVRCHU, UPRAVENÉ PODĽA [23]	55
OBR. 37) SNÍMANIE POVRCHU METÓDOU RASTROVANIA [30]	56
OBR. 38) KRIVKA NOSNÉHO PODIELU PRE PARAMETRE OBJEMU [32] ..	58
OBR. 39) ZNÁZORNENIE SÚVISLOSTI OBJEMOVÝCH PARAMETROV KRIVKY NOSNÉHO PODIELU S POVRCHOM [33]	58
OBR. 40) MIKROSKOP ALICONA INFINITE FOCUS G4.....	61
OBR. 41) ÚDER ÚDERNÍKOM NA DNO ZÁPALKY PREDPOKLADANÁ HĽBKA VPICHU. ZĽAVA: ÚDER KOLMO, ÚDER POD UHLOM 20°	62
OBR. 42) ÚDER ÚDERNÍKOM NA DNO ZÁPALKY SKUTOČNÁ HĽBKA VPICHU. ZĽAVA: ÚDER KOLMO, ÚDER POD UHLOM 20°	62
OBR. 43) MERACIA POMÔCKA VYROBENÁ ZBROJOVKOU BRNO S. R. O.	63
OBR. 44) UNIVERZÁLNY ZÁVER SO SKÚŠOBNOU HLAVŇOU A BICÍM MECHANIZMOM UDIERAJÚCIM KOLMO NA ZÁPALKU	64
OBR. 45) POUŽITIE SÚOSOvéHO OSVETLENIA PRI MERANÍ. ZĽAVA: SNÍMKA POVRCHU VZORKY, ZOSNÍMANÝ POVRCH ZOBRAZENÝ V PROGRAME TALYMAP	65
OBR. 46) SÚOSOvé OSVETLENIE DOPLNENÉ O PRSTENCové. ZĽAVA: SNÍMKA POVRCHU VZORKY, ZOSNÍMANÝ POVRCH ZOBRAZENÝ V PROGRAME TALYMAP	65
OBR. 47) SÚOSOvé A PRSTENCové OSVETLENIE DOPLNENÉ O POLARIZAČNÝ FILTER. ZĽAVA: SNÍMKA POVRCHU VZORKY, ZOSNÍMANÝ POVRCH ZOBRAZENÝ V PROGRAME TALYMAP	66
OBR. 48) UMIESTNENIE VZORKY POD UHLOM ÚDERU ÚDERNÍKA.....	67
OBR. 49) 3D MODEL PRELIACINY VZORKY K1N1 OK ZOSNÍMANEJ POD UHLOM ÚDERU ÚDERNÍKA	67
OBR. 50) UMIESTNENIE VZORKY KOLMO, V SMERE OSI OPTICKEJ SÚSTAVY	68
OBR. 51) ZOSNÍMANÝ POVRCH POD UHLOM 20° ZOBRAZENÝ V PROGRAME TALYMAP. ZĽAVA: SUROVÉ DÁTA, DÁTA APROXIMOVANÉ A VYROVNANÉ PODĽA ROVINY DNA NÁBOJNICE	68
OBR. 52) ZOSNÍMANÝ POVRCH POD UHLOM 20° ZOBRAZENÝ V PROGRAME TALYMAP. ZĽAVA: SUROVÉ DÁTA, DÁTA VYROVNANÉ PODĽA ROVINY DNA NÁBOJNICE	69
OBR. 53) POROVNANIE PRIEMERNÝCH HODNÔT S KONFIDENČNÝMI INTERVALMI PARAMETRA OBJEM DIERY PRE SKÚMANÉ SKUPINY	74
OBR. 54) POROVNANIE PRIEMERNÝCH HODNÔT S KONFIDENČNÝMI INTERVALMI PARAMETRA VV (PRÁZDNY OBJEM) PRE SKÚMANÉ SKUPINY	75

OBR. 55) GRAF NORMALITY PRE PARAMETER POMER OBJEMU DIERY/PRÁZDNEHO OBJEMU	75
OBR. 56) HISTOGRAM PRE PARAMETER POMER OBJEMU DIERY/PRÁZDNEHO OBJEMU	76
OBR. 57) GRAF LINEÁRNEJ REGRESIE PRE PARAMETRE OBJEMU	77
OBR. 58) POROVNANIE PRIEMERNÝCH HODNÔT S KONFIDENČNÝMI INTERVALMI PARAMETRA MAXIMÁLNEJ HĺBKY DIERY PRE SKÚMANÉ SKUPINY	79
OBR. 59) POROVNANIE PRIEMERNÝCH HODNÔT S KONFIDENČNÝMI INTERVALMI SV (MAXIMÁLNA HĺBKA DNA) PRE SKÚMANÉ SKUPINY	80
OBR. 60) GRAF NORMALITY PRE PODIEL MAXIMÁLNEJ HĺBKY DIERY / MAXIMÁLNEJ HĺBKY DNA (SV)	80
OBR. 61) HISTOGRAM PRE PODIEL MAXIMÁLNEJ HĺBKY DIERY / MAXIMÁLNEJ HĺBKY DNA (SV)	81
OBR. 62) GRAF LINEÁRNEJ REGRESIE PRE PARAMETRE VÝŠKY	81
OBR. 63) POROVNANIE PRIEMERNÝCH HODNÔT S KONFIDENČNÝMI INTERVALMI PARAMETRA VÝŠKOVÝ ROZDIEL MEDZI ROVINOU DNA NÁBOJNICE A ROVINOU ZÁPALKY PRE SKÚMANÉ SKUPINY ..	83

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha A - PREHLAD NAMERANÝCH DÁT PRE PARAMETRE OBJEMU

Príloha B - PREHLAD NAMERANÝCH DÁT PRE PARAMETRE VÝŠKY

Príloha C - PREHLAD NAMERANÝCH DÁT PRE PARAMETER POLOHY

Príloha D - VÝSLEDKY TESTOV NORMALITY A VIZUALIZÁCIA DÁT V HISTOGRAME PRE PARAMETRE OBJEMU

Príloha E - VÝSLEDKY TESTOV NORMALITY A VIZUALIZÁCIA DÁT V HISTOGRAME PRE PARAMETRE VÝŠKY

Príloha F - VÝSLEDKY TESTOV NORMALITY A VIZUALIZÁCIA DÁT V HISTOGRAME PRE PARAMETER POLOHY

Príloha G - VÝSTUPY Z LEVENOVEJ ANALÝZY ROZPTYLOV A ANALÝZA ANOVA PRE PARAMETRE OBJEMU

Príloha H - VÝSTUPY Z LEVENOVEJ ANALÝZY ROZPTYLOV A ANALÝZA ANOVA PRE PARAMETRE VÝŠKY

Príloha I - VÝSTUPY Z LEVENOVEJ ANALÝZY ROZPTYLOV A ANALÝZA ANOVA PRE PARAMETER POLOHY

Príloha J - VÝSTUPY Z REGRESNEJ ANALÝZY PRE PARAMETRE OBJEMU

Príloha K - VÝSTUPY Z REGRESNEJ ANALÝZY PRE PARAMETRE VÝŠKY

PRÍLOHA A – PREHL'AD NAMERANÝCH DÁT PRE PARAMETRE OBJEMU

Príloha A obsahuje prehľad dát pre parametre objem diery, prázdny objem (V_v) a pomer objemu diery ku prázdneho objemu (V_v).

Tab A) Prehľad hodnôt objemových parametrov.

označenie	kategória	Hole-Volume (mm^3)	V_v - Prázdny objem ($p = 10\%$) (mm^3/mm^2)	Hole Volume/ V_v
K1 n1	OK	0,72	0,12	5,992033
K1 n2	OK	0,66	0,11	5,906622
K1 n3	OK	0,75	0,13	5,930935
K1 n4	OK	0,89	0,15	6,013292
K1 n5	OK	0,73	0,12	6,018566
K1 n6	OK	0,97	0,16	5,968906
K1 n7	OK	0,79	0,13	6,000335
K1 n8	OK	0,86	0,14	6,009466
K1 n9	OK	0,77	0,13	5,960683
K1 n10	OK	0,81	0,14	6,009254
K1 n11	OK	0,85	0,14	5,970645
K1 n12	OK	0,88	0,15	5,999771
K1 n13	OK	0,82	0,14	6,006593
K1 n14	OK	0,64	0,11	5,934833
K1 n15	OK	0,65	0,11	5,961970
K1 n16	OK	0,93	0,15	6,015096
K1 n17	OK	0,86	0,14	5,990877
K1 n18	OK	0,65	0,11	5,993376
K1 n19	OK	0,71	0,12	5,964395
K1 n20	OK	0,87	0,14	6,011566
K3 n1	OK	0,94	0,16	6,008322
K3 n2	OK	0,65	0,11	5,993876
K3 n3	OK	0,80	0,13	5,990015
K3 n4	OK	0,86	0,14	5,997049
K3 n5	OK	0,83	0,14	5,982786
K3 n6	OK	0,70	0,12	5,997493
K3 n7	OK	0,79	0,13	5,984058
K3 n8	OK	0,92	0,15	6,004917
K3 n9	OK	0,77	0,13	5,987650
K3 n10	OK	0,79	0,13	6,025950
K3 n11	OK	0,85	0,14	5,983836
K3 n12	OK	0,90	0,15	6,016339
K3 n13	OK	0,99	0,17	6,016413
K3 n14	OK	0,93	0,16	6,002985
K3 n15	OK	0,91	0,15	6,008106
K3 n16	OK	0,83	0,14	6,011809

K3 n17	OK	0,87	0,15	5,993238
K3 n18	OK	0,84	0,14	5,991347
K3 n19	OK	0,94	0,16	5,984661
K2 n1	OK	0,93	0,16	5,978752
K2 n2	OK	0,80	0,13	5,977926
K2 n3	OK	0,79	0,13	5,949169
K2 n4	OK	0,66	0,11	5,929694
K2 n5	OK	0,68	0,11	5,999935
K2 n6	OK	0,93	0,16	6,004664
K2 n7	OK	0,86	0,14	5,970977
K2 n8	OK	0,85	0,14	5,959874
K2 n9	OK	0,85	0,14	5,999919
K2 n10	OK	0,72	0,12	5,985797
K2 n11	OK	0,68	0,12	5,927087
K2 n12	OK	0,83	0,14	6,006391
K2 n13	OK	0,69	0,11	5,995576
K2 n14	OK	0,93	0,16	6,003379
K2 n15	OK	0,97	0,16	5,992404
K2 n16	OK	0,79	0,13	5,982895
K2 n17	OK	1,01	0,17	6,009001
K2 n18	OK	0,82	0,14	5,958653
K2 n19	OK	0,79	0,13	5,974039
K2 n20	OK	0,60	0,10	5,970596
K3 n21	NOK	0,30	0,05	5,703703
K3 n22	NOK	0,20	0,03	5,780603
K1 n21	NOK	0,41	0,07	5,795990
K4 n1	PDEL	1,10	0,19	5,777267
K4 n2	PDEL	1,17	0,21	5,664238
K4 n3	PDEL	1,06	0,18	5,751768
K4 n4	PDEL	0,99	0,17	5,727321
K4 n5	PDEL	1,04	0,18	5,651965
K4 n6	PDEL	1,04	0,18	5,629310
K4 n7	PDEL	0,70	0,12	5,661217
K4 n8	PDEL	1,03	0,18	5,731712
K4 n9	PDEL	1,07	0,19	5,781132
K4 n10	PDEL	1,09	0,19	5,718347
K4 n11	POK	0,91	0,16	5,885474
K4 n12	POK	0,94	0,16	5,968408
K4 n13	POK	0,78	0,13	5,985565
K4 n14	POK	1,01	0,17	5,984634
K4 n15	POK	0,85	0,14	5,881175
K4 n16	POK	0,98	0,16	5,966546
K4 n17	POK	0,89	0,15	5,899996
K4 n18	POK	0,93	0,16	5,985970
K4 n19	POK	0,91	0,15	5,989526
K4 n20	POK	1,00	0,17	5,965008

PRÍLOHA B – PREHĽAD NAMERANÝCH DÁT PRE PARAMETRE VÝŠKY

Príloha B obsahuje prehľad dát pre parametre maximálna hĺbka diery, maximálna hĺbka dna (Sv), podiel týchto parametrov.

Tab B) Prehľad hodnôt výškových parametrov.

označenie	kategória	Hole-Max. depth/height (mm)	Sv - Maximálna hĺbka dna (mm)	Hole max depth/height / Sv
K1 n1	OK	0,58	0,46	1,257640
K1 n2	OK	0,53	0,42	1,255831
K1 n3	OK	0,58	0,45	1,272994
K1 n4	OK	0,65	0,51	1,285885
K1 n5	OK	0,58	0,46	1,262606
K1 n6	OK	0,68	0,52	1,302916
K1 n7	OK	0,62	0,49	1,262801
K1 n8	OK	0,63	0,49	1,286334
K1 n9	OK	0,60	0,47	1,267053
K1 n10	OK	0,59	0,45	1,293365
K1 n11	OK	0,64	0,50	1,277071
K1 n12	OK	0,66	0,52	1,278030
K1 n13	OK	0,62	0,49	1,275334
K1 n14	OK	0,55	0,44	1,237674
K1 n15	OK	0,51	0,41	1,257717
K1 n16	OK	0,67	0,52	1,292343
K1 n17	OK	0,62	0,48	1,293256
K1 n18	OK	0,51	0,41	1,261247
K1 n19	OK	0,54	0,42	1,275333
K1 n20	OK	0,61	0,47	1,305301
K3 n1	OK	0,68	0,52	1,294292
K3 n2	OK	0,56	0,45	1,235670
K3 n3	OK	0,61	0,47	1,274811
K3 n4	OK	0,63	0,49	1,290531
K3 n5	OK	0,61	0,48	1,284668
K3 n6	OK	0,56	0,45	1,252964
K3 n7	OK	0,56	0,43	1,300386
K3 n8	OK	0,65	0,50	1,303104
K3 n9	OK	0,60	0,48	1,263497
K3 n10	OK	0,57	0,44	1,295667
K3 n11	OK	0,63	0,49	1,283208
K3 n12	OK	0,66	0,51	1,287773
K3 n13	OK	0,71	0,55	1,296767
K3 n14	OK	0,67	0,51	1,297845
K3 n15	OK	0,69	0,54	1,272324
K3 n16	OK	0,62	0,49	1,277816
K3 n17	OK	0,65	0,50	1,281587

K3 n18	OK	0,64	0,50	1,275750
K3 n19	OK	0,66	0,51	1,303451
K2 n1	OK	0,65	0,50	1,305187
K2 n2	OK	0,61	0,48	1,273026
K2 n3	OK	0,60	0,47	1,273371
K2 n4	OK	0,55	0,44	1,248313
K2 n5	OK	0,55	0,44	1,252591
K2 n6	OK	0,68	0,53	1,290898
K2 n7	OK	0,64	0,50	1,282690
K2 n8	OK	0,62	0,48	1,289195
K2 n9	OK	0,63	0,49	1,283801
K2 n10	OK	0,57	0,45	1,261453
K2 n11	OK	0,57	0,46	1,242566
K2 n12	OK	0,60	0,47	1,289918
K2 n13	OK	0,55	0,44	1,257125
K2 n14	OK	0,64	0,49	1,311469
K2 n15	OK	0,69	0,54	1,297174
K2 n16	OK	0,61	0,48	1,270383
K2 n17	OK	0,71	0,54	1,303830
K2 n18	OK	0,61	0,48	1,279342
K2 n19	OK	0,58	0,45	1,289271
K2 n20	OK	0,50	0,40	1,246416
K3 n21	NOK	0,33	0,28	1,172802
K3 n22	NOK	0,27	0,24	1,137218
K1 n21	NOK	0,41	0,34	1,195210
K4 n1	PDEL	0,61	0,43	1,423802
K4 n2	PDEL	0,63	0,43	1,449011
K4 n3	PDEL	0,59	0,42	1,420154
K4 n4	PDEL	0,57	0,41	1,398197
K4 n5	PDEL	0,58	0,41	1,414594
K4 n6	PDEL	0,58	0,41	1,409676
K4 n7	PDEL	0,44	0,33	1,352767
K4 n8	PDEL	0,58	0,41	1,409772
K4 n9	PDEL	0,60	0,43	1,412144
K4 n10	PDEL	0,61	0,43	1,410112
K4 n11	POK	0,55	0,40	1,371672
K4 n12	POK	0,56	0,41	1,373116
K4 n13	POK	0,50	0,38	1,335411
K4 n14	POK	0,59	0,42	1,390954
K4 n15	POK	0,55	0,41	1,340024
K4 n16	POK	0,58	0,42	1,381763
K4 n17	POK	0,55	0,40	1,361136
K4 n18	POK	0,56	0,41	1,371530
K4 n19	POK	0,55	0,40	1,370330
K4 n20	POK	0,60	0,44	1,371396

PRÍLOHA C – PREHĽAD NAMERANÝCH DÁT PRE PARAMETER POLOHY

Príloha C obsahuje prehľad dát pre parameter výškový rozdiel medzi rovinou nábojnice a rovinou zápalky.

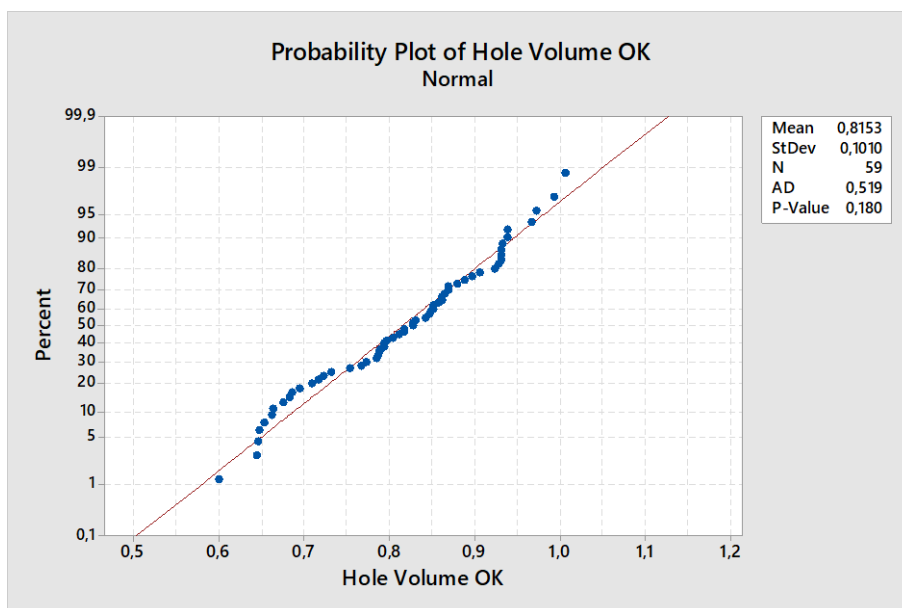
Tab C) Prehľad hodnôt parametra polohy.

označenie	kategória	Zmean(2) - Zmean(1) (mm)
K1 n1	OK	-0,02845
K1 n2	OK	-0,02936
K1 n3	OK	-0,03218
K1 n4	OK	-0,0387
K1 n5	OK	-0,03697
K1 n6	OK	-0,02479
K1 n7	OK	-0,0314
K1 n8	OK	-0,027
K1 n9	OK	-0,03602
K1 n10	OK	-0,03145
K3 n21	NOK	0,10652
K3 n22	NOK	0,05763
K1 n21	NOK	0,15193
K4 n1	PDEL	-0,10788
K4 n2	PDEL	-0,08421
K4 n3	PDEL	-0,02005
K4 n4	PDEL	-0,06132
K4 n5	PDEL	-0,11023
K4 n6	PDEL	-0,09461
K4 n7	PDEL	0,10887
K4 n8	PDEL	-0,08083
K4 n9	PDEL	0,01098
K4 n10	PDEL	-0,08906
K4 n11	POK	-0,01265
K4 n12	POK	-0,02018
K4 n13	POK	-0,02154
K4 n14	POK	-0,02512
K4 n15	POK	-0,01831
K4 n16	POK	-0,03869
K4 n17	POK	-0,03655
K4 n18	POK	-0,03158
K4 n19	POK	-0,03896
K4 n20	POK	-0,02058

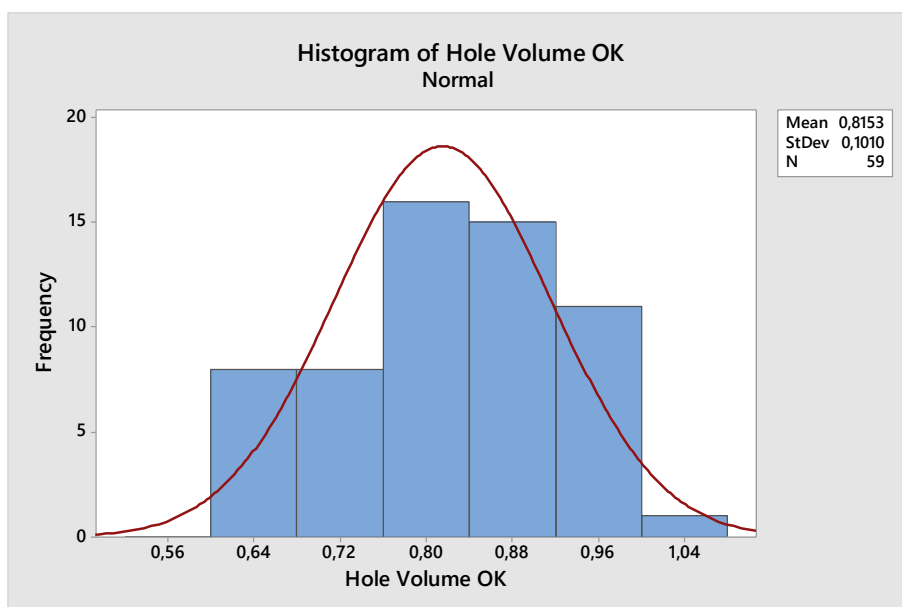
PRÍLOHA D – VÝSLEDKY TESTOV NORMALITY A VIZUALIZÁCIA DÁT V HISTOGRAME PRE PARAMETRE OBJEMU

V prílohe D sú uvedené výstupy testu normality (Anderson – Darling) z Minitab-u na hladine významnosti 0,05 a histogramy pre parametre objemu - objem diery, prázdny objem (Vv) a pomer objemu diery ku prázdnému objemu (Vv).

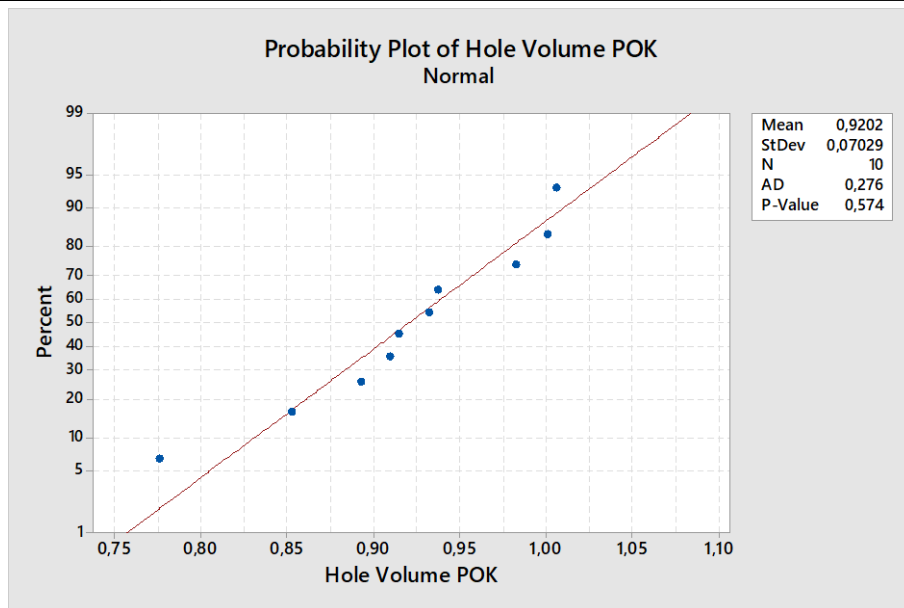
Na obrázkoch D1 - D7 sú uvedené grafy pre parameter objem diery.



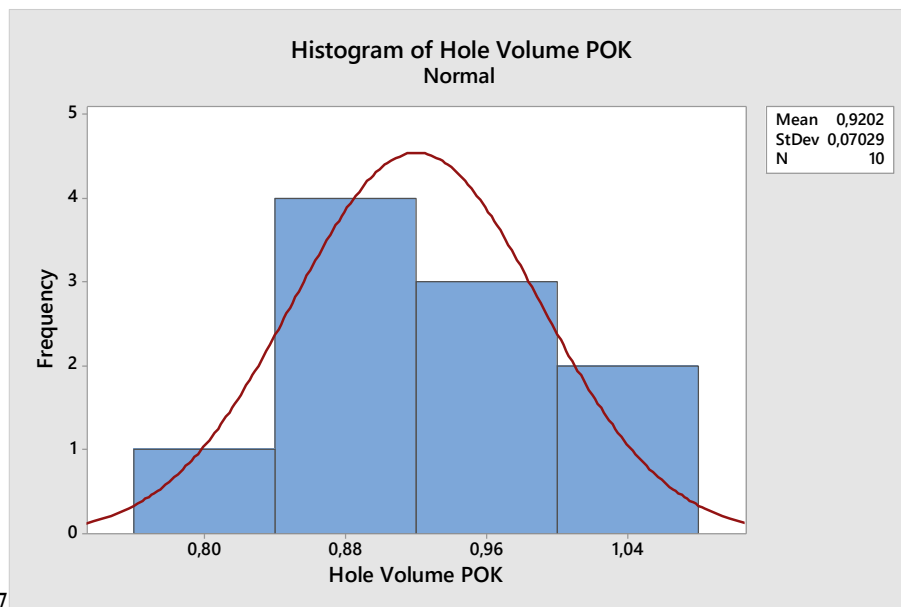
Obr. D1) Graf normality pre skupinu OK parametra objem diery



Obr. D2) Histogram pre skupinu OK parametra objem diery

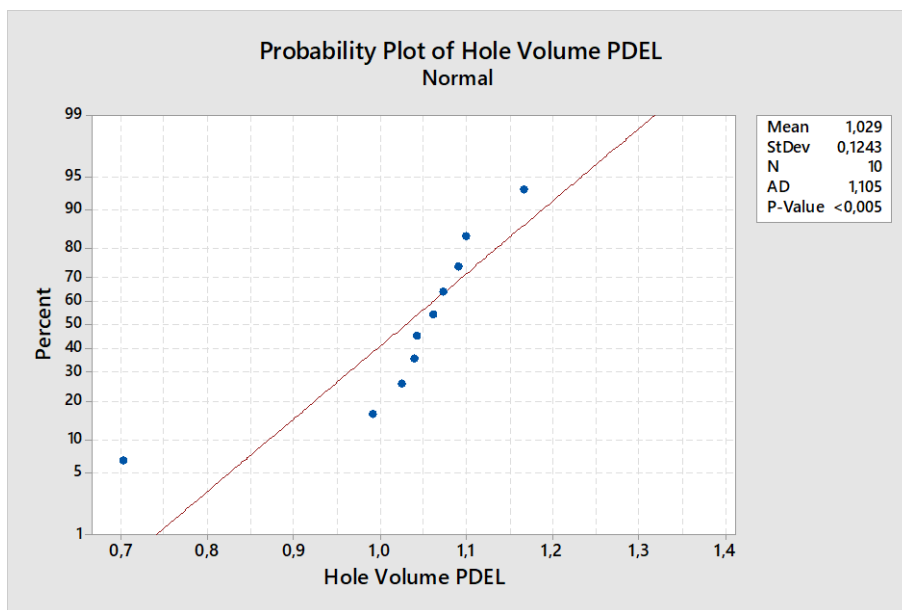


Obr. D3) Graf normality pre skupinu POK parametra objem diery

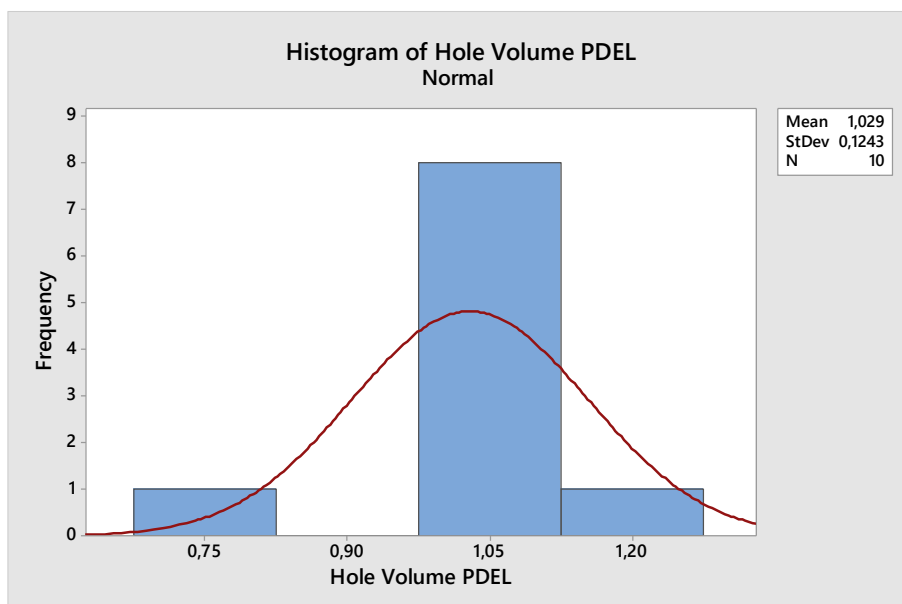


7

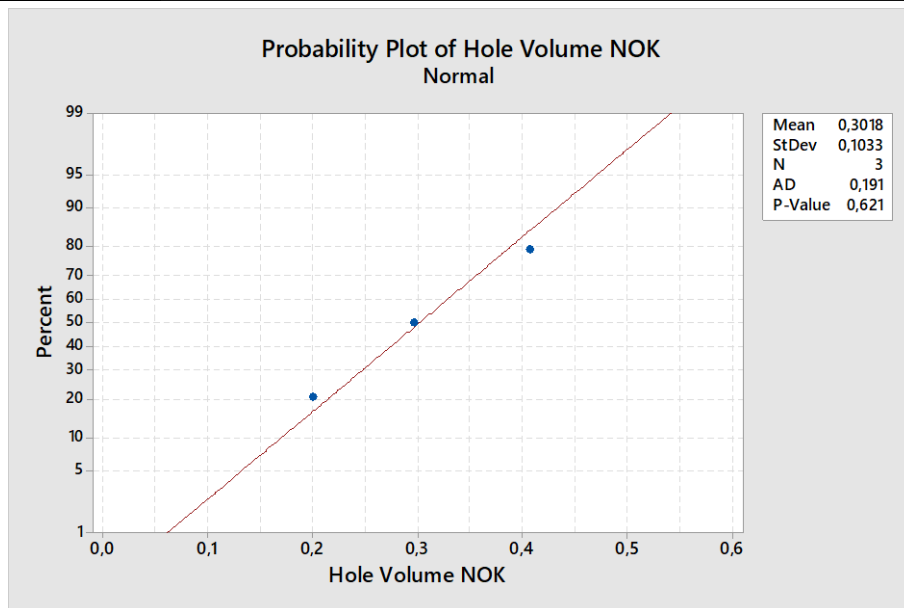
Obr. D4) Histogram pre skupinu POK parametra objem diery



Obr. D5) Graf normality pre skupinu PDEL parametra objem diery

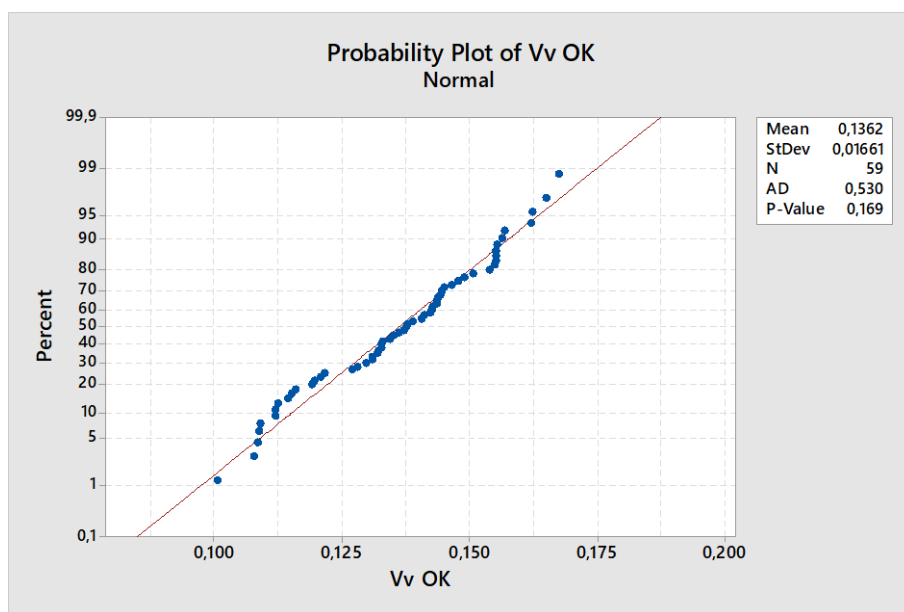


Obr. D6) Histogram pre skupinu PDEL parametra objem diery

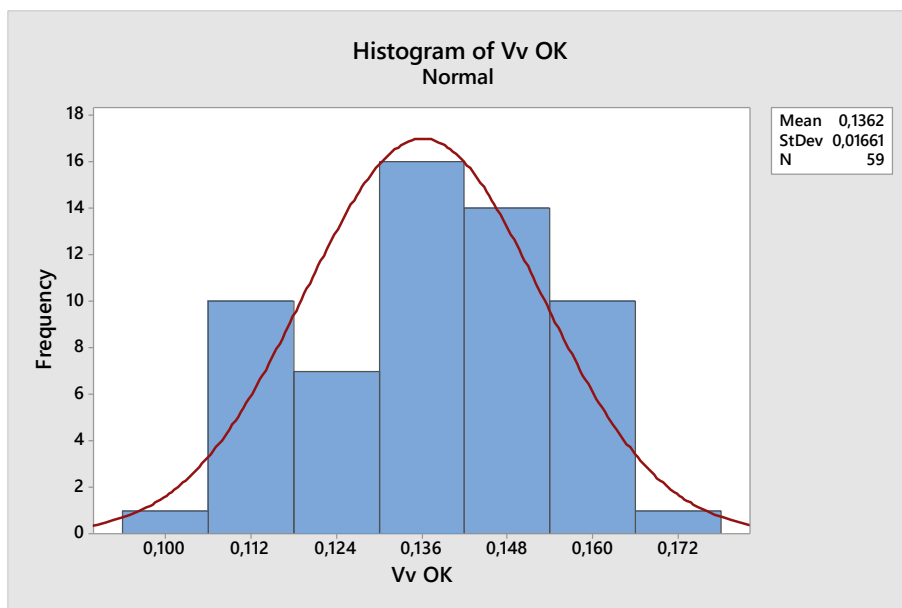


Obr. D7) Graf normality pre skupinu NOK parametra objem diery

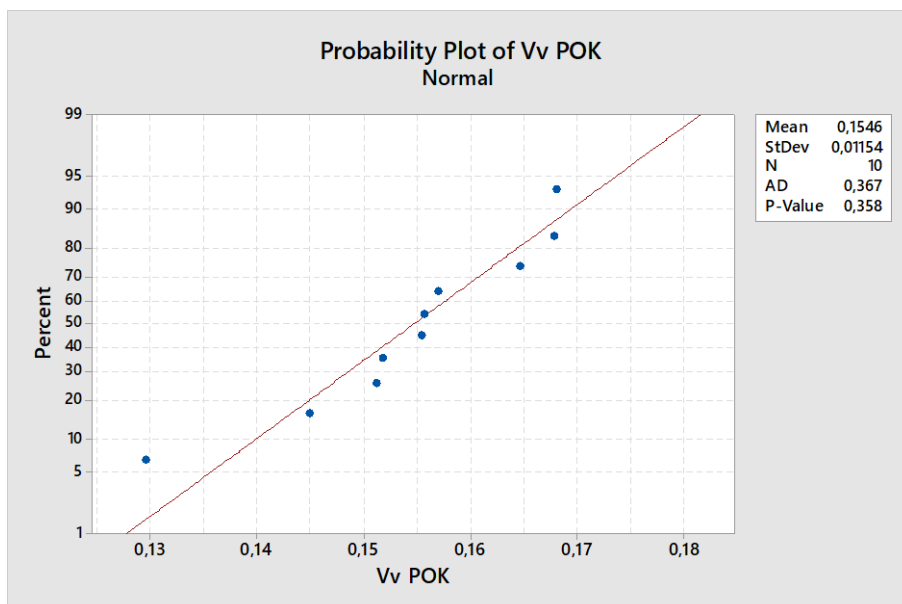
Na obrázkoch D8 - D14 sú uvedené grafy pre parameter prázdny objem (Vv).



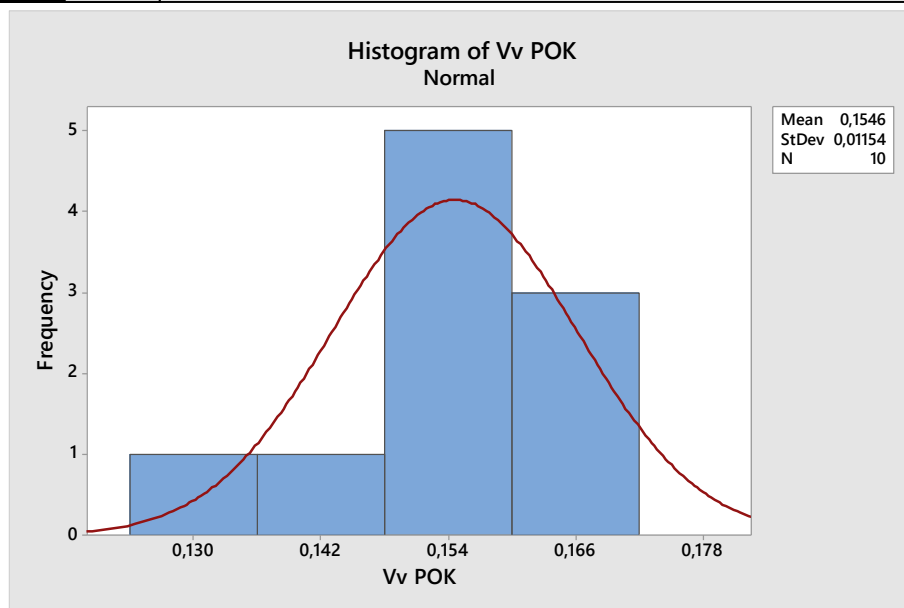
Obr. D8) Graf normality pre skupinu OK parametra prázdny objem.



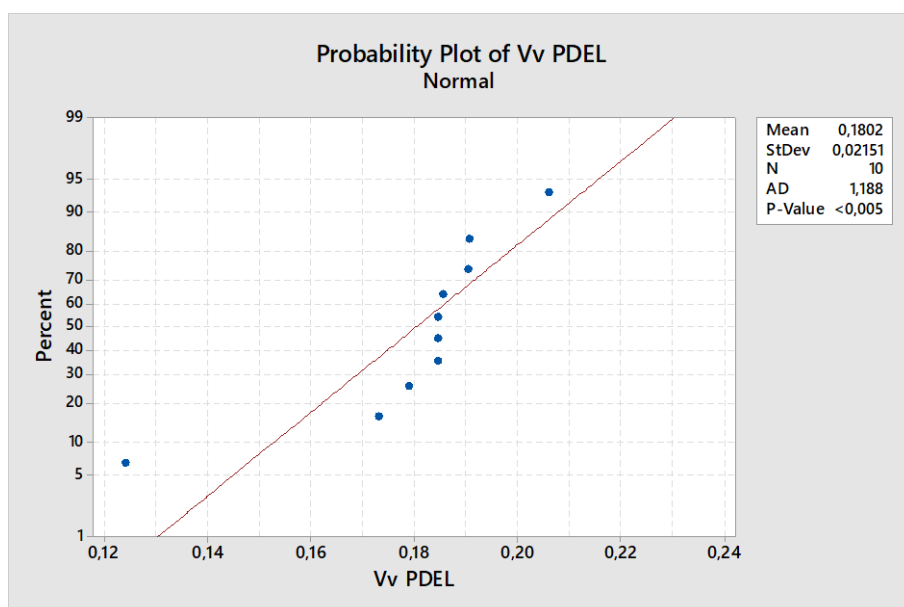
Obr. D9) Histogram pre skupinu OK parametra prázdny objem.



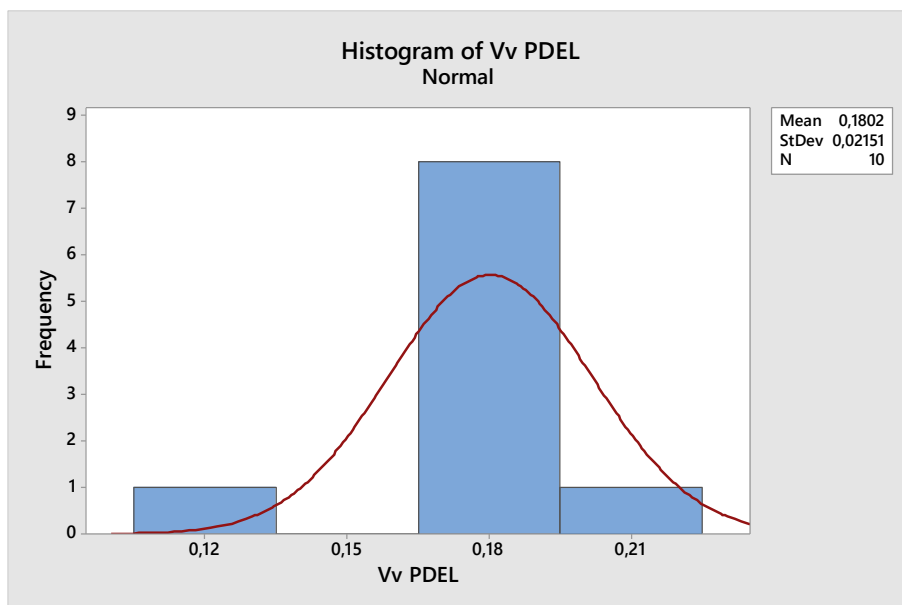
Obr. D10) Graf normality pre skupinu POK parametra prázdny objem.



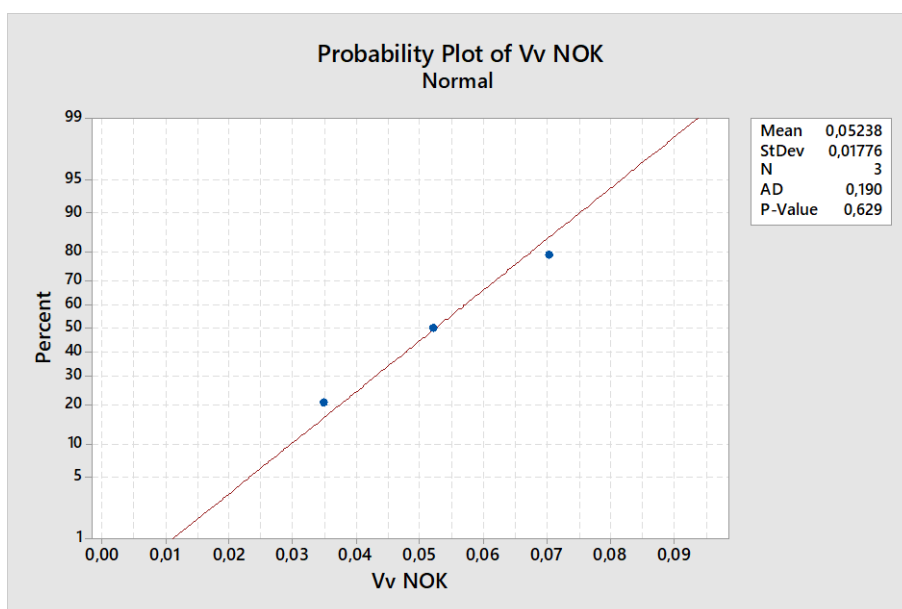
Obr. D11) Histogram pre skupinu POK parametra prázdny objem.



Obr. D12) Graf normality pre skupinu PDEL parametra prázdny objem.

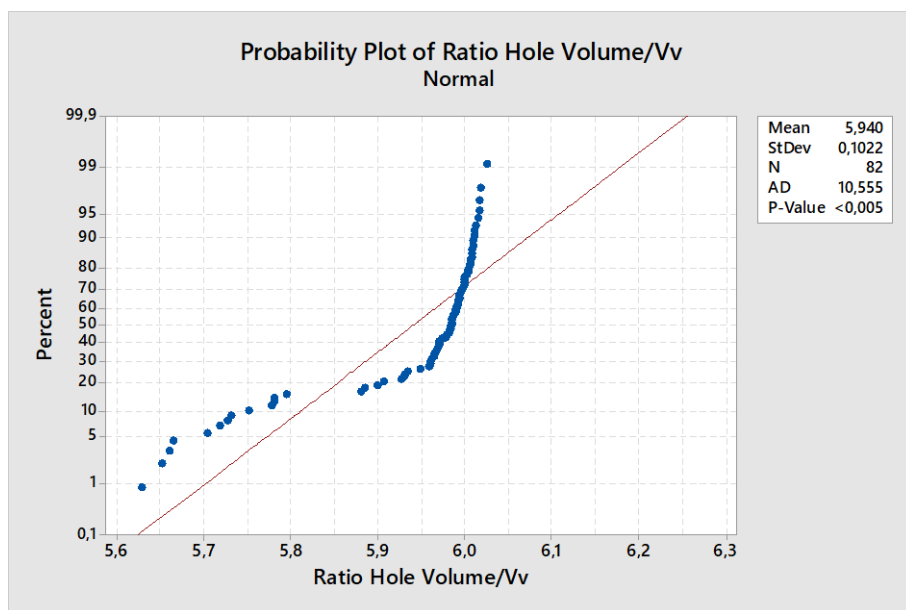


Obr. D13) Histogram pre skupinu PDEL parametra prázdny objem.

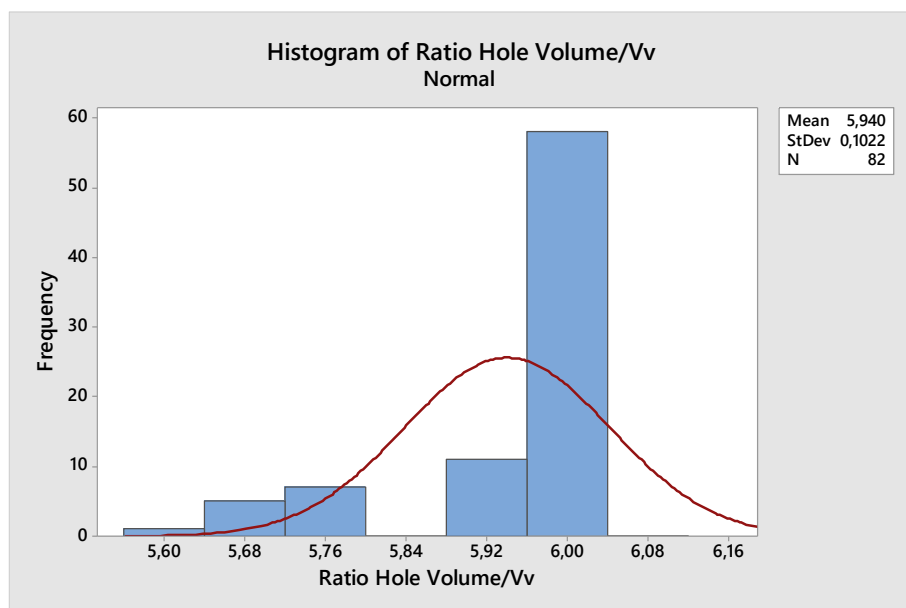


Obr. D14) Graf normality pre skupinu NOK parametra prázdny objem.

Na obrázkoch D15 - D16 sú uvedené grafy pre pomer objemu diery ku prázdnému objemu (V_v).



Obr. D15) Graf normality parametra podielu objemu diery ku prázdnému objemu.

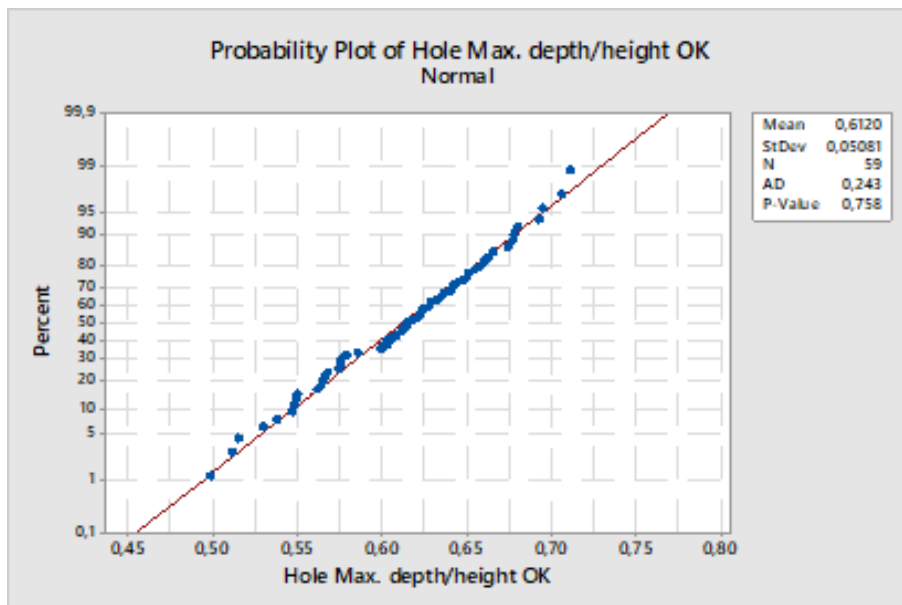


Obr. D16) Histogram parametra podielu objemu diery ku prázdnému objemu.

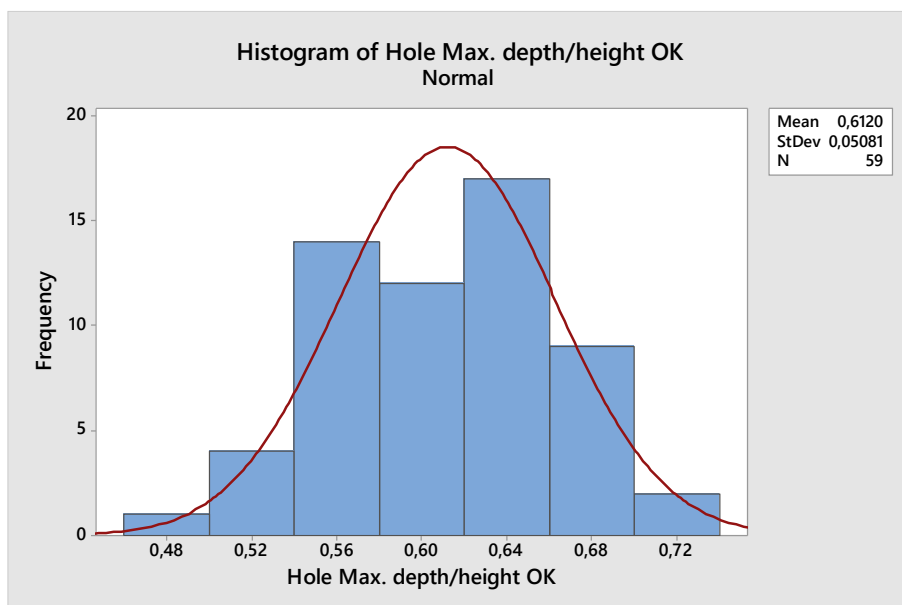
PRÍLOHA E – VÝSLEDKY TESTOV NORMALITY A VIZUALIZÁCIA DÁT V HISTOGRAME PRE PARAMETRE VÝŠKY

V prílohe E sú uvedené výstupy testu normality (Anderson – Darling) z Minitab-u na hladine významnosti 0,05 a histogramy pre parametre výšky – maximálna hĺbka diery, maximálna hĺbka dna (Sv), podielu maximálnej hĺbky diery / maximálna hĺbka dna (Sv).

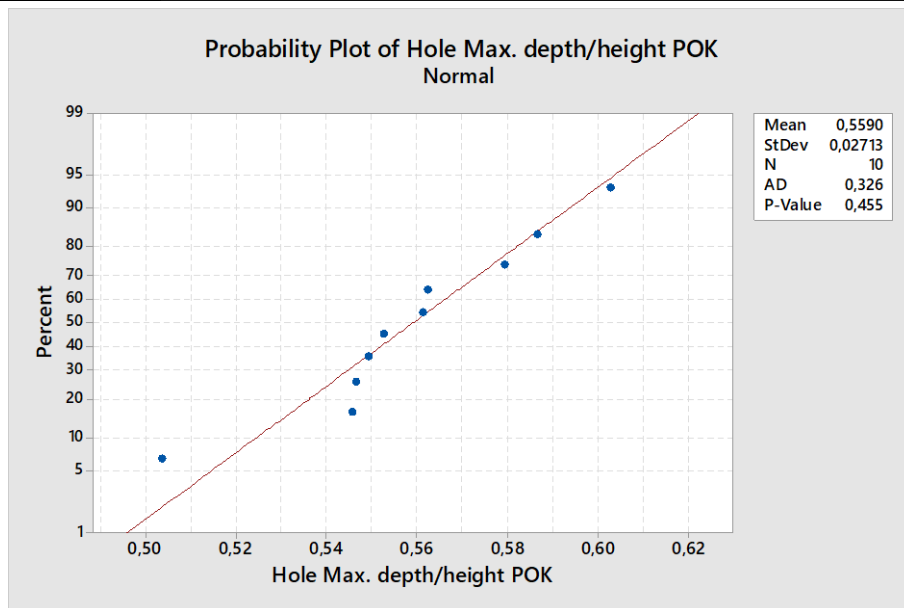
Na obrázkoch E1 - E7 sú uvedené grafy pre parameter maximálna hĺbka diery



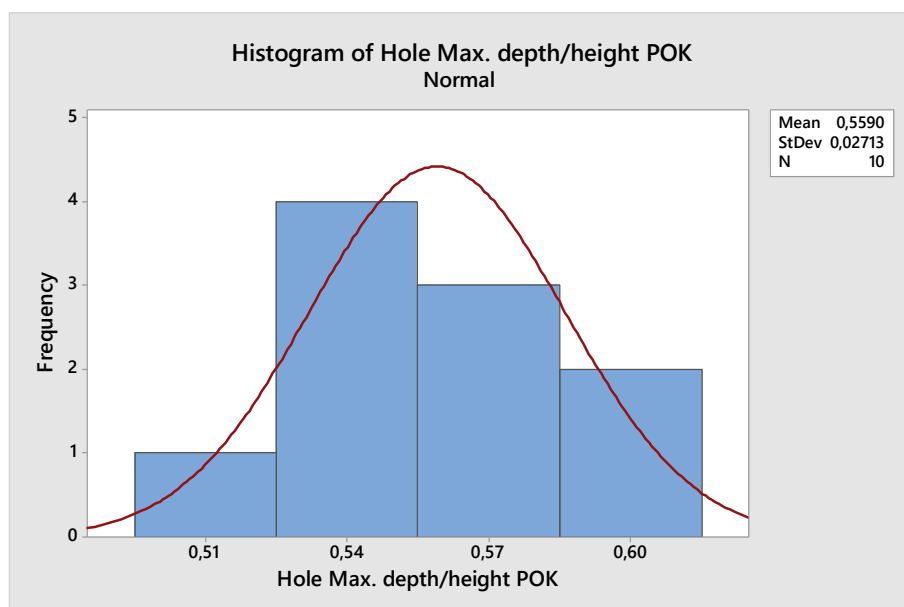
Obr. E1) Graf normality pre skupinu OK parametra maximálna hĺbka diery .



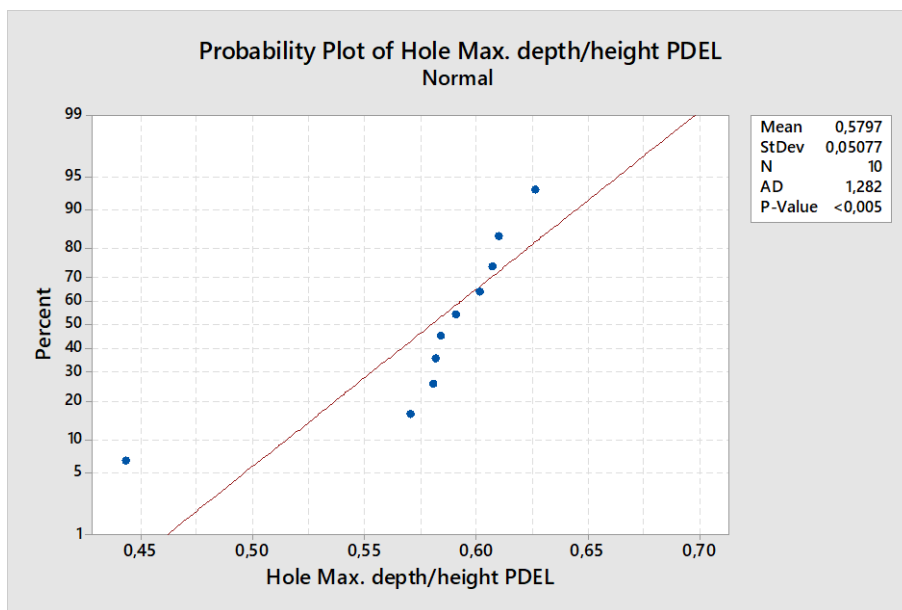
Obr. E2) Histogram pre skupinu OK parametra maximálna hĺbka diery.



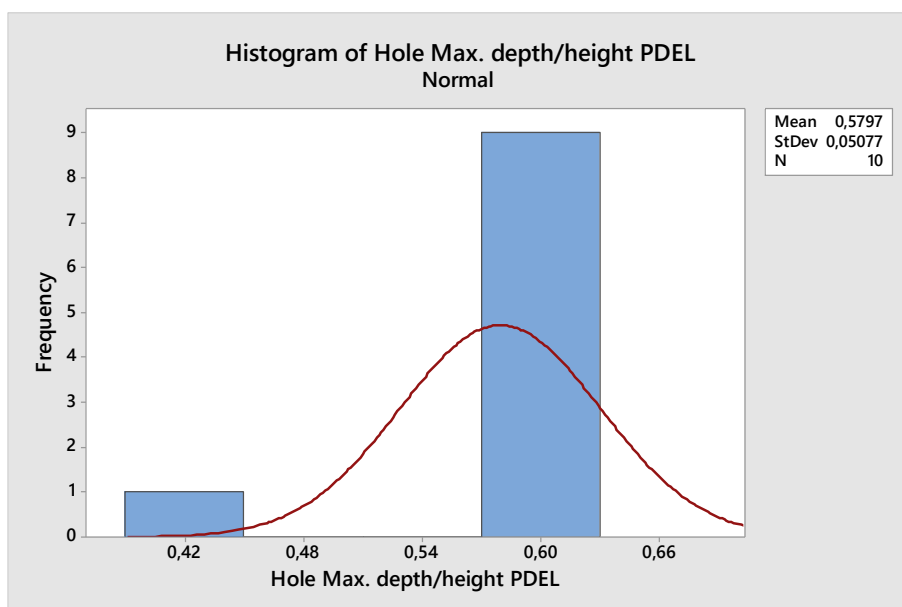
Obr. E3) Graf normality pre skupinu POK parametra maximálna hĺbka diery.



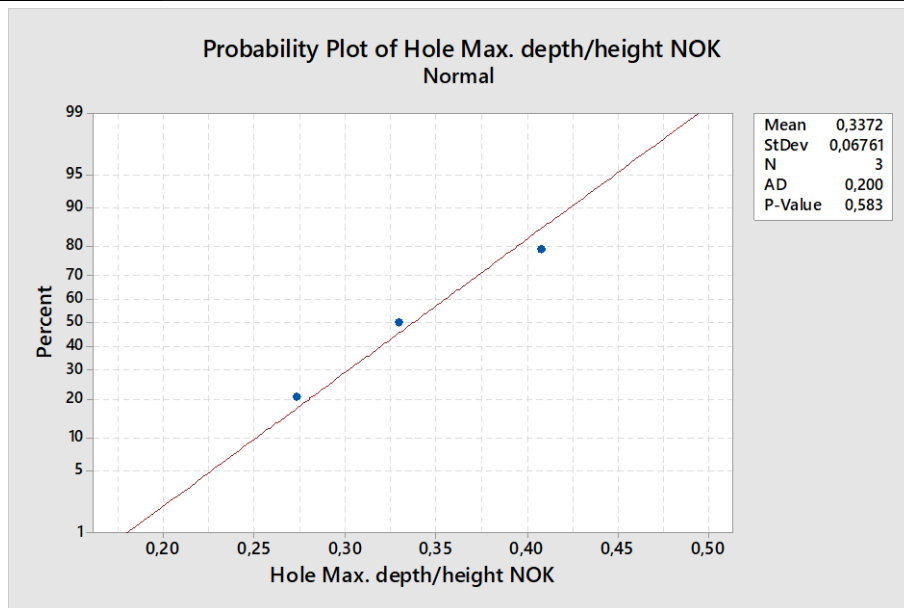
Obr. E4) Histogram pre skupinu POK parametra maximálna hĺbka diery.



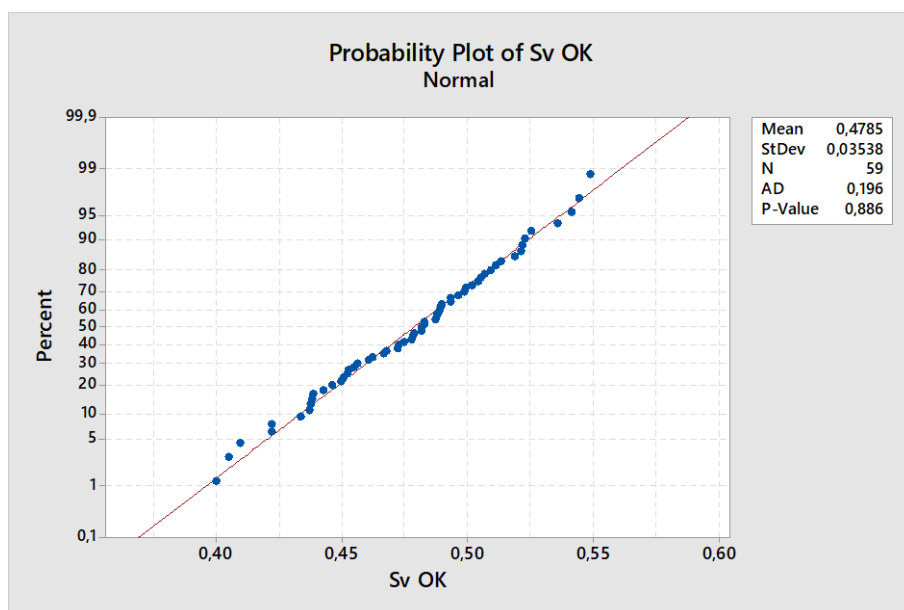
Obr. E5) Graf normality pre skupinu PDEL parametra maximálna hĺbka diery.



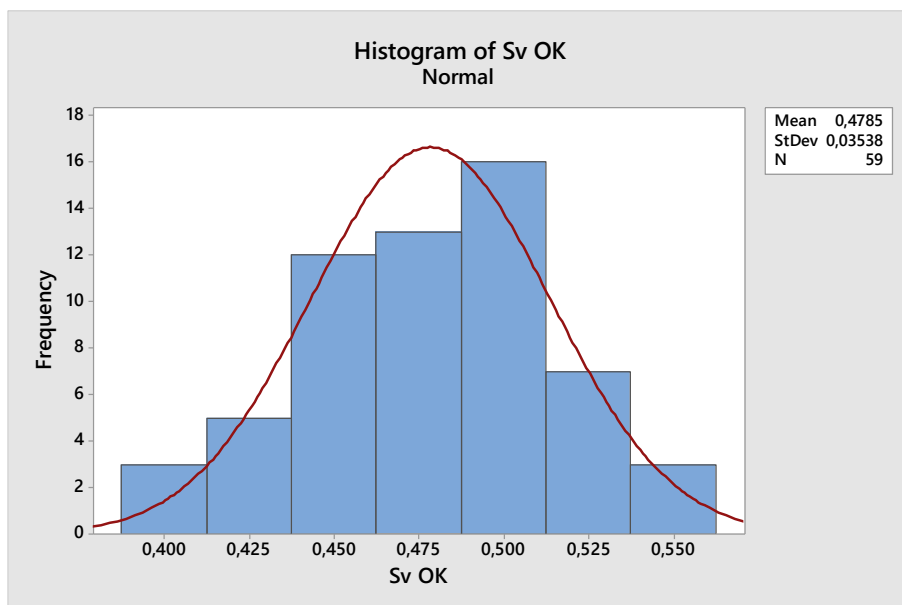
Obr. E6) Histogram pre skupinu PDEL parametra maximálna hĺbka diery.



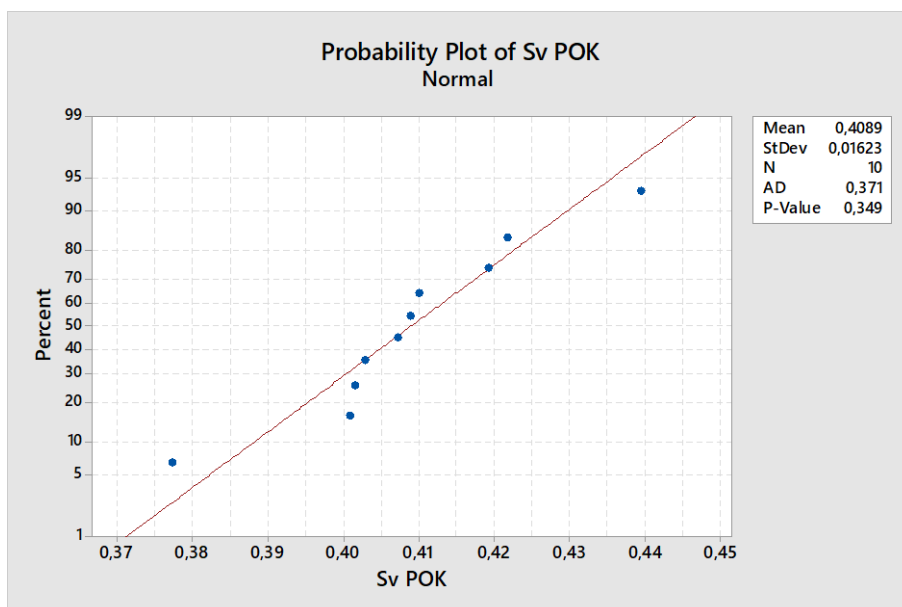
Obr. E7) Graf normality pre skupinu NOK parametra maximálna hĺbka diery.
 Na obrázkoch E8 - E14 sú uvedené grafy pre parameter maximálna hĺbka dna.



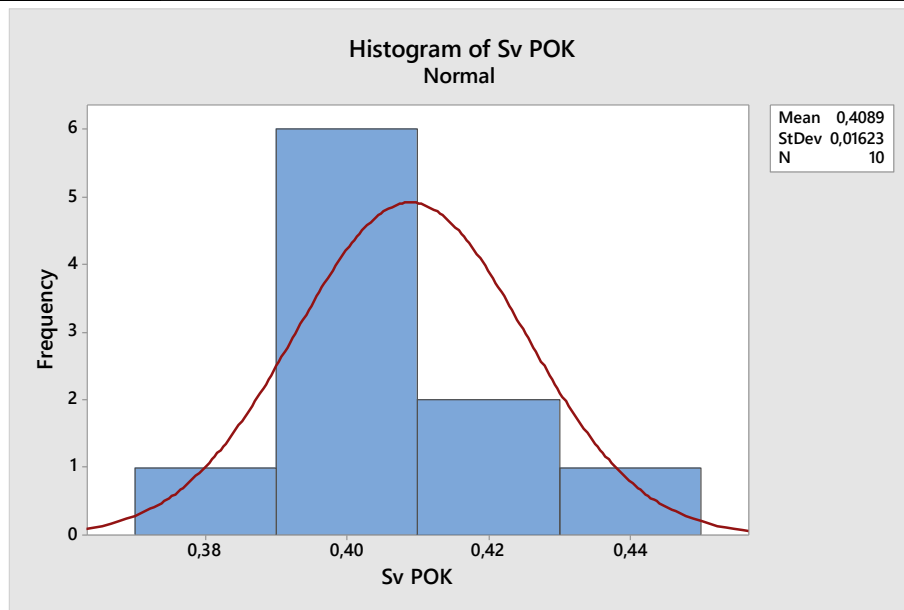
Obr. E8) Graf normality pre skupinu OK parametra maximálna hĺbka dna.



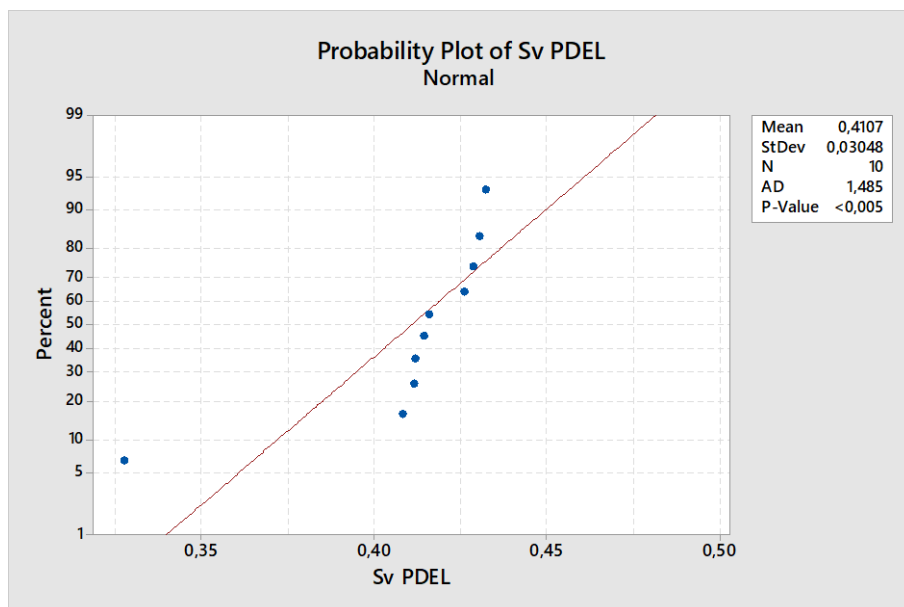
Obr. E9) Histogram pre skupinu OK parametra maximálna hĺbka.



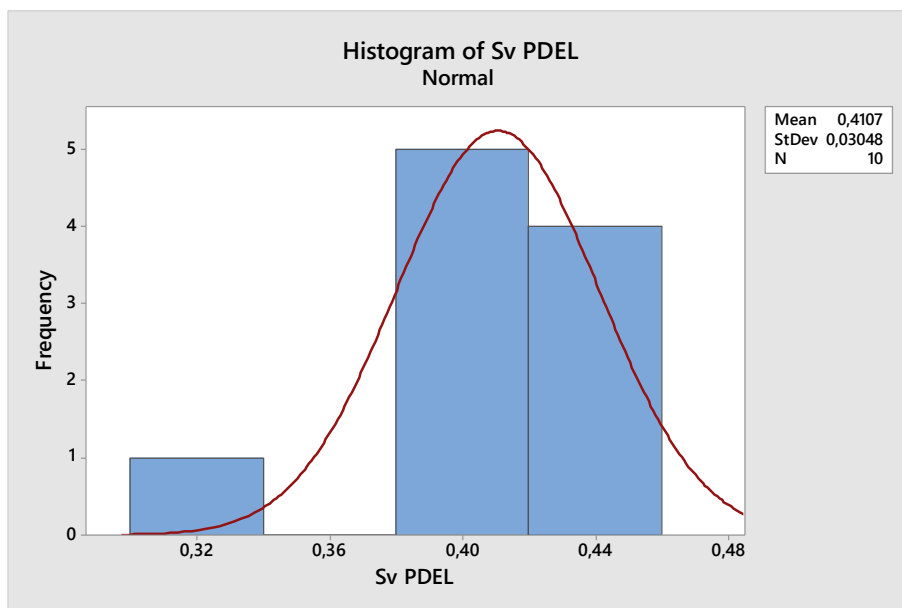
Obr. E10) Graf normality pre skupinu POK parametra maximálna hĺbka dna.



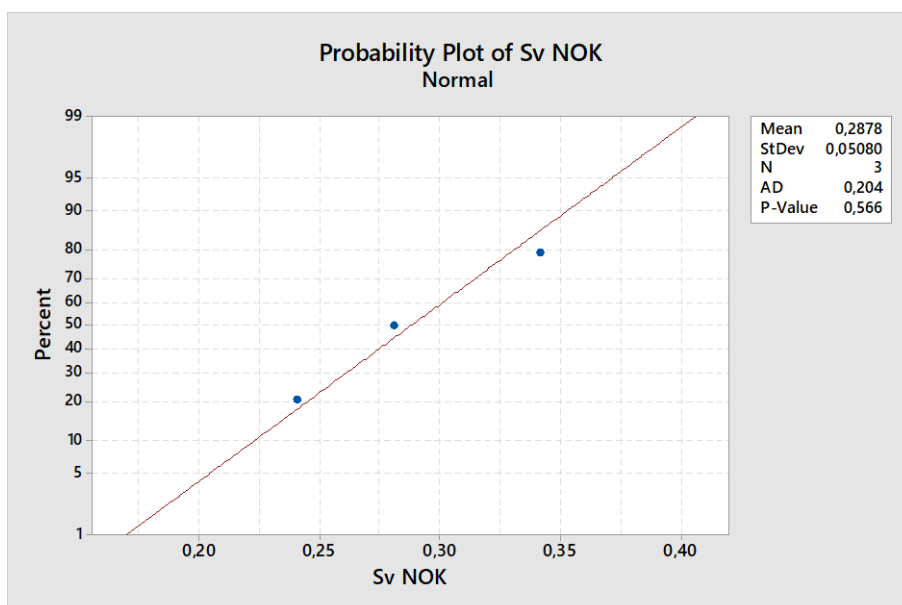
Obr. E11) Histogram pre skupinu POK parametra maximálna hĺbka.



Obr. E12) Graf normality pre skupinu PDEL parametra maximálna hĺbka dna.

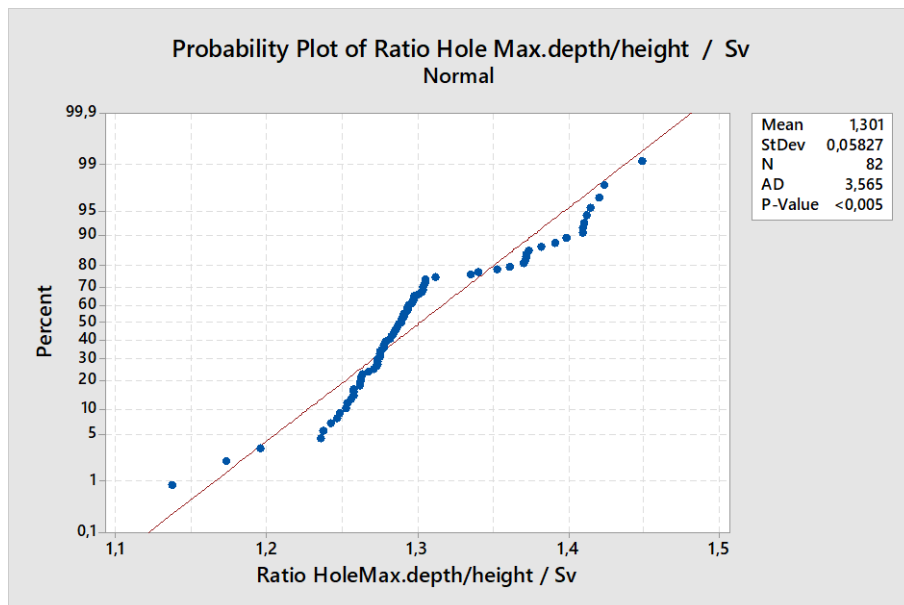


Obr. E13) Histogram pre skupinu PDEL parametra maximálna hĺbka.

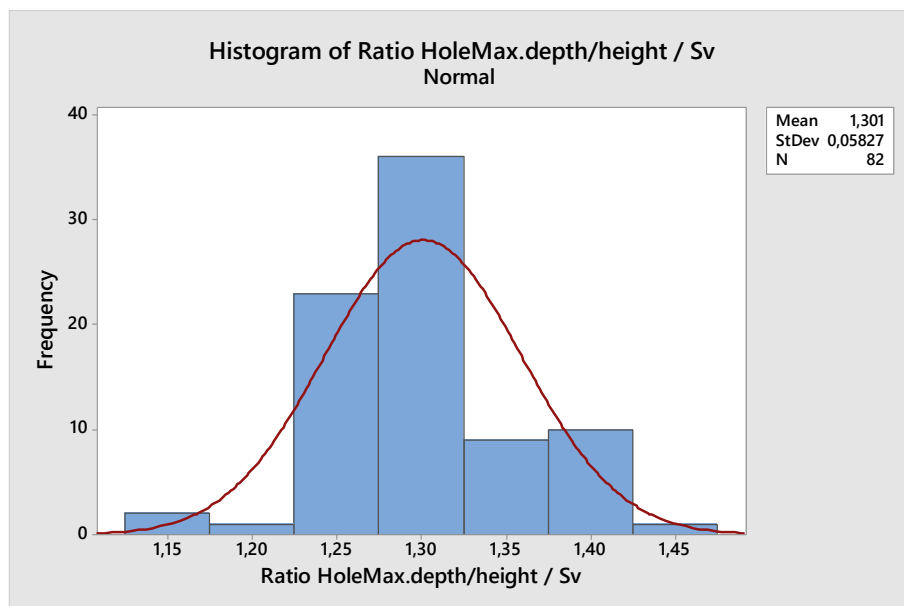


Obr. E14) Graf normality pre skupinu NOK parametra maximálna hĺbka dna.

Na obrázkoch E15 - E16 sú uvedené grafy pre pomer maximálnej hĺbky diery a maximálnej hĺbky dna.



Obr. E15) Graf normality podielu parametrov maximálna hĺbka diery a maximálna hĺbka dna.

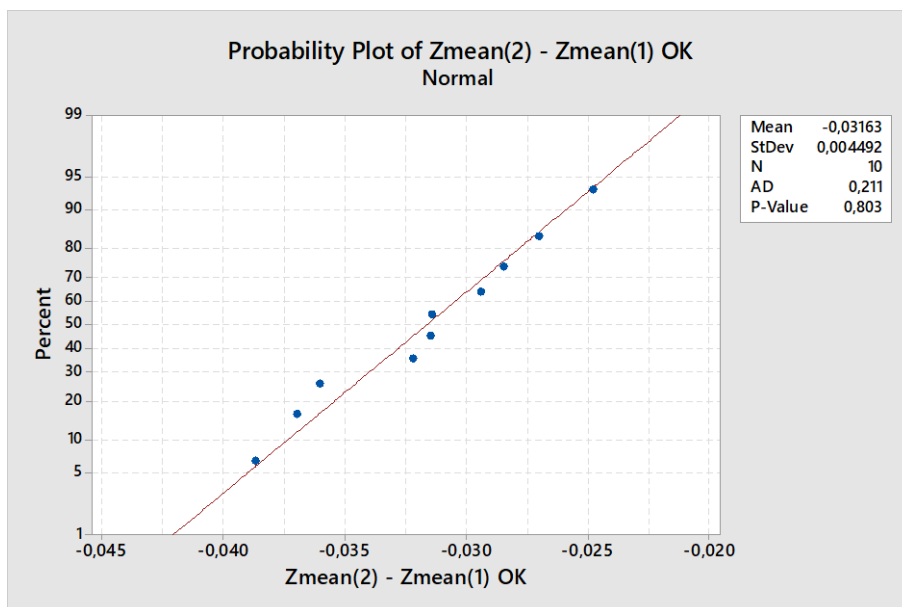


Obr. E16) Histogram podielu parametrov maximálna hĺbka diery a maximálna hĺbka dna.

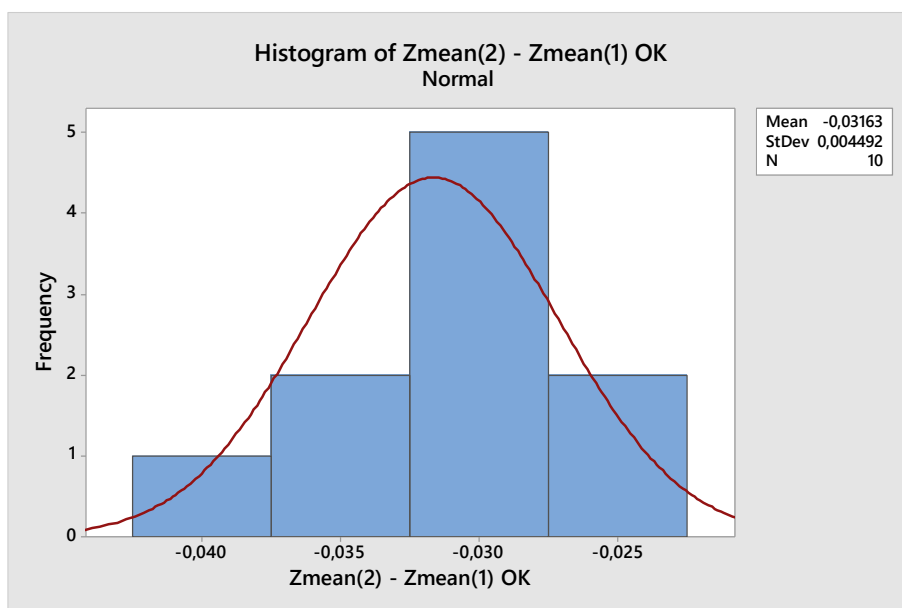
PRÍLOHA F – VÝSLEDKY TESTOV NORMALITY A VIZUALIZÁCIA DÁT V HISTOGRAME PRE PARAMETER POLOHY

V prílohe F sú uvedené výstupy testu normality (Anderson – Darling) z Minitab-u na hladine významnosti 0,05 a histogramy pre parameter polohy – výškový rozdiel medzi rovinou dna nábojnice a rovinou zápalky.

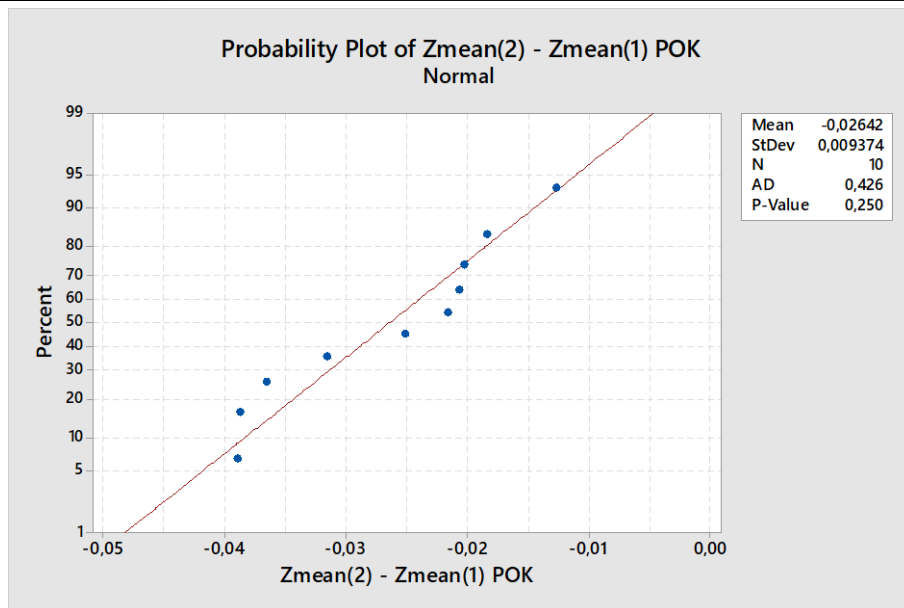
Na obrázkoch F1 - F7 sú uvedené grafy pre parameter výškový rozdiel medzi rovinou dna nábojnice a rovinou zápalky.



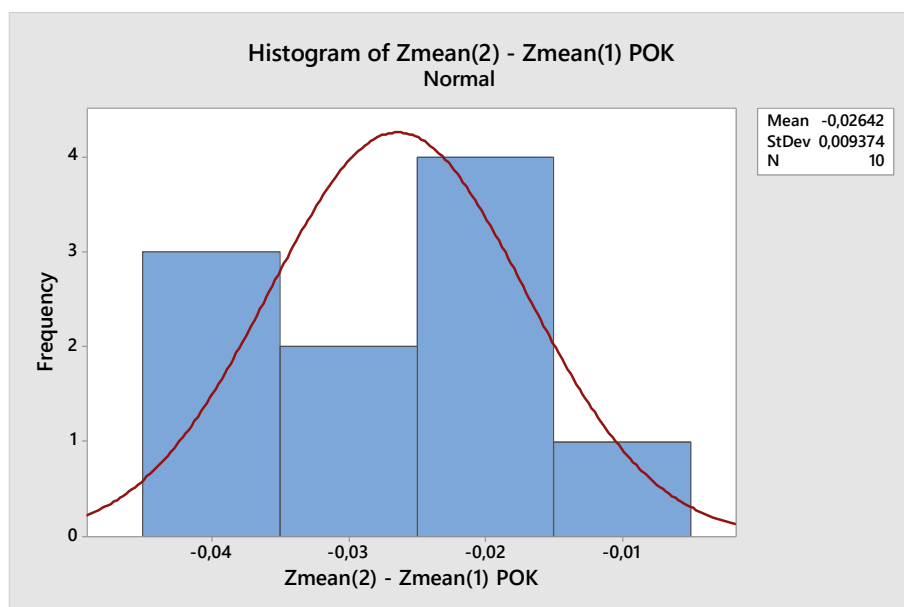
Obr. F1) Graf normality pre skupinu OK parametra výškový rozdiel medzi rovinou dna nábojnice a rovinou zápalky.



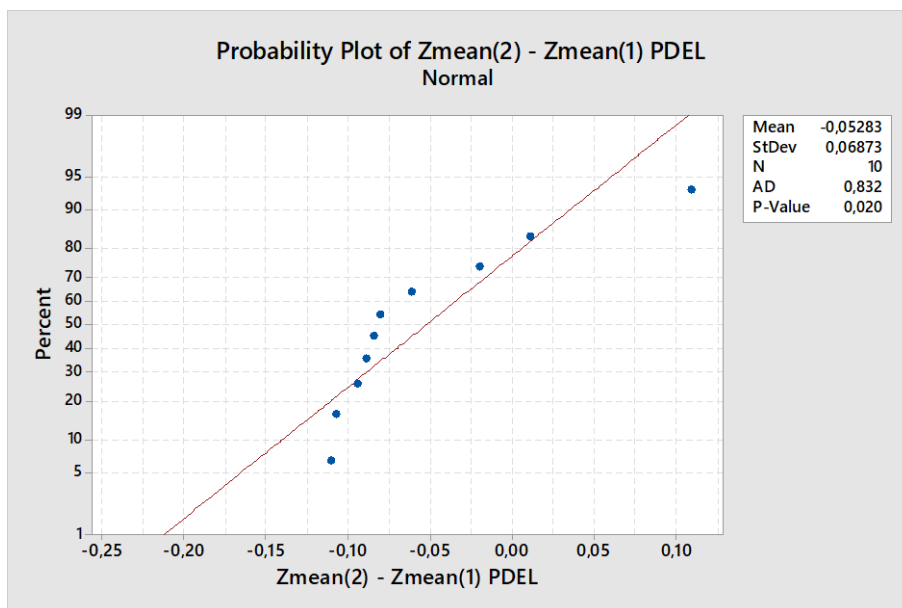
Obr. F2) Histogram pre skupinu OK parametra výškový rozdiel medzi rovinou dna nábojnice a rovinou zápalky.



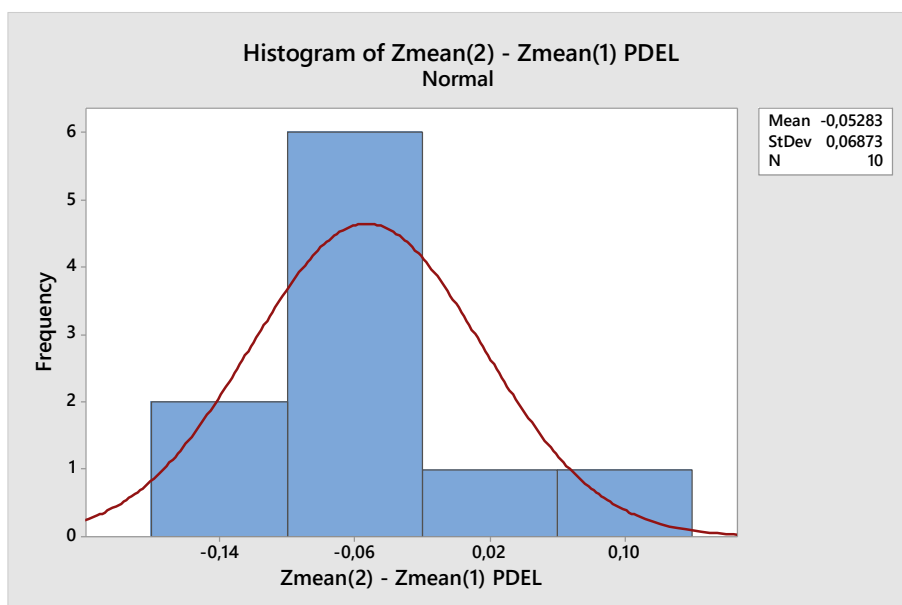
Obr. F3) Graf normality pre skupinu POK parametra výškový rozdiel medzi rovinou dna nábojnice a rovinou zápalky.



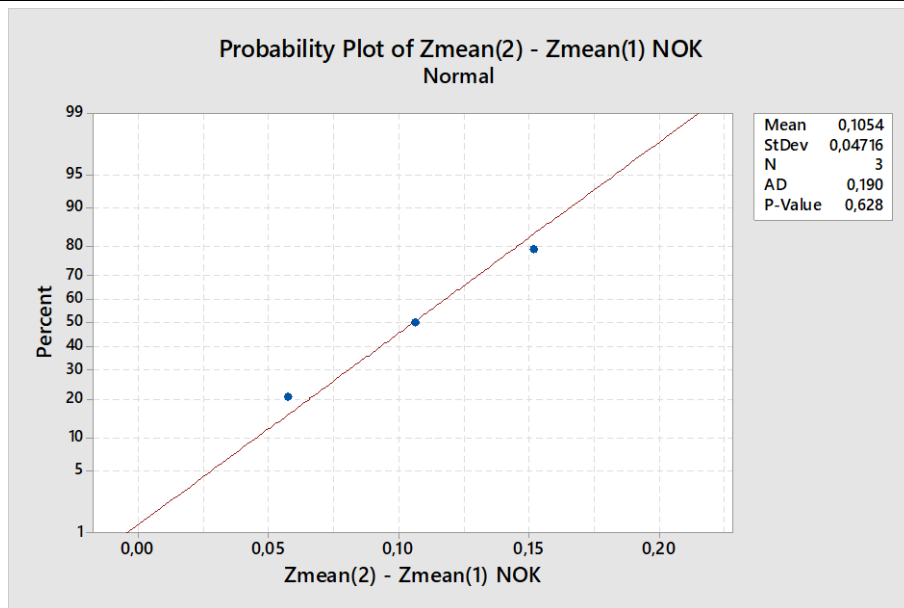
Obr. F4) Histogram pre skupinu POK parametra výškový rozdiel medzi rovinou dna nábojnice a rovinou zápalky.



Obr. F5) Graf normality pre skupinu PDEL parametra výškový rozdiel medzi rovinou dna nábojnice a rovinou zápalky.



Obr. F6) Histogram pre skupinu PDEL parametra výškový rozdiel medzi rovinou dna nábojnice a rovinou zápalky.



Obr. F7) Graf normality pre skupinu NOK parametra výškový rozdiel medzi rovinou dna nábojnice a rovinou zápalky.

PRÍLOHA G – VÝSTUPY Z LEVENOVEJ ANALÝZY ROZPTYLOV A ANALÝZA ANOVA PRE PARAMETRE OBJEMU

V prílohe G sú uvedené výstupy z Levenovho testu o zhodnosti rozptylov a z analýzy ANOVA pre parametre objemu - objem diery a prázdny objem (Vv). Na obrázkoch G1) a G2) sú grafy zobrazujúce výstupy z analýzy ANOVA.

Levenov test o zhodnosti rozptylov pre parameter objem diery. P hodnota je 0,553, v preto nezamietam hypotézu, že rozptyly sú zhodné na hladine významnosti 0,05.

Test for Equal Variances: Hole Volume OK; Hole Volume POK; Hole Volume PDEL; Hole Volume NOK

Method

Null hypothesis All variances are equal
Alternative hypothesis At least one variance is different
Significance level $\alpha = 0,05$

95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations

Sample	N	StDev	CI
Hole Volume OK	59	0,101022	(0,0851762; 0,125)
Hole Volume POK	10	0,070290	(0,0336096; 0,196)
Hole Volume PDEL	10	0,124296	(0,0317559; 0,648)
Hole Volume NOK	3	0,103260	(0,0003950; 161,204)

Individual confidence level = 98,75%

Tests

Method	Test Statistic	P-Value
Multiple comparisons	—	*
Levene	0,70	0,553

* NOTE * The graphical summary cannot be displayed because the multiple comparison intervals cannot be calculated.

Analýza ANOVA testujúca zhodnosť priemerných hodnôt pre parameter objem diery. P hodnota je 0,000, v preto zamietam hypotézu, že priemerné hodnoty sú zhodné na hladine významnosti 0,05.

One-way ANOVA: Hole Volume OK; Hole Volume POK; Hole Volume PDEL; Hole Volume NOK

Method

Null hypothesis All means are equal
Alternative hypothesis At least one mean is different
Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor Levels Values

Factor 4 Hole Volume OK; Hole Volume POK; Hole Volume PDEL; Hole Volume NOK

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	3	1,3258	0,44194	43,26	0,000
Error	78	0,7968	0,01021		
Total	81	2,1226			

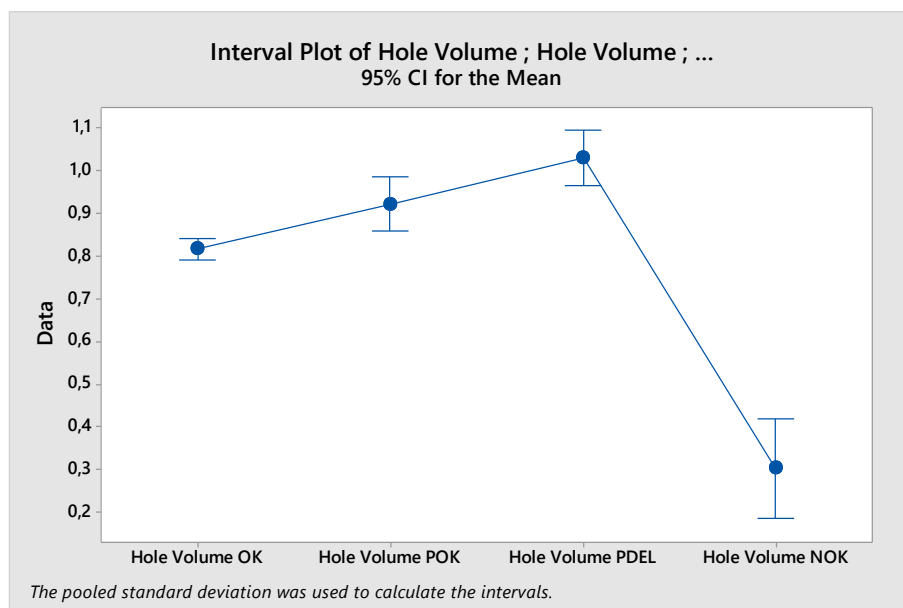
Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,101068	62,46%	61,02%	58,21%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
Hole Volume OK	59	0,8153	0,1010	(0,7891; 0,8415)
Hole Volume POK	10	0,9202	0,0703	(0,8566; 0,9839)
Hole Volume PDEL	10	1,0293	0,1243	(0,9656; 1,0929)
Hole Volume NOK	3	0,3018	0,1033	(0,1856; 0,4180)

Pooled StDev = 0,101068



Obr. G1) Výstup ANOVy pre parameter objem diery.

Levenov test o zhodnosti rozptylov pre parameter prázdny objem (V_v). P hodnota je 0,553, v preto nezamietam hypotézu, že rozptyly sú zhodné na hladine významnosti 0,05.

Test for Equal Variances: V_v OK; V_v POK; V_v PDEL; V_v NOK

Method

Null hypothesis	All variances are equal
Alternative hypothesis	At least one variance is different
Significance level	$\alpha = 0,05$

95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations

Sample	N	StDev	CI	
Vv OK	59	0,0166126	(0,0139989;	0,0206)
Vv POK	10	0,0115449	(0,0050642;	0,0351)
Vv PDEL	10	0,0215101	(0,0055960;	0,1102)
Vv NOK	3	0,0177562	(0,0000679;	27,7201)

Individual confidence level = 98,75%

Tests

Method	Test	
	Statistic	P-Value
Multiple comparisons	—	*
Levene	0,77	0,516

* NOTE * The graphical summary cannot be displayed because the multiple comparison intervals cannot be calculated.

Analýza ANOVA testujúca zhodnosť priemerných hodnôt pre parameter prázdny objem (Vv). P hodnota je 0,000, v preto zamietam hypotézu, že priemerné hodnoty sú zhodné na hladine významnosti 0,05.

One-way ANOVA: Vv OK; Vv POK; Vv PDEL; Vv NOK

Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	At least one mean is different
Significance level	$\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	4	Vv OK; Vv POK; Vv PDEL; Vv NOK

Analysis of Variance

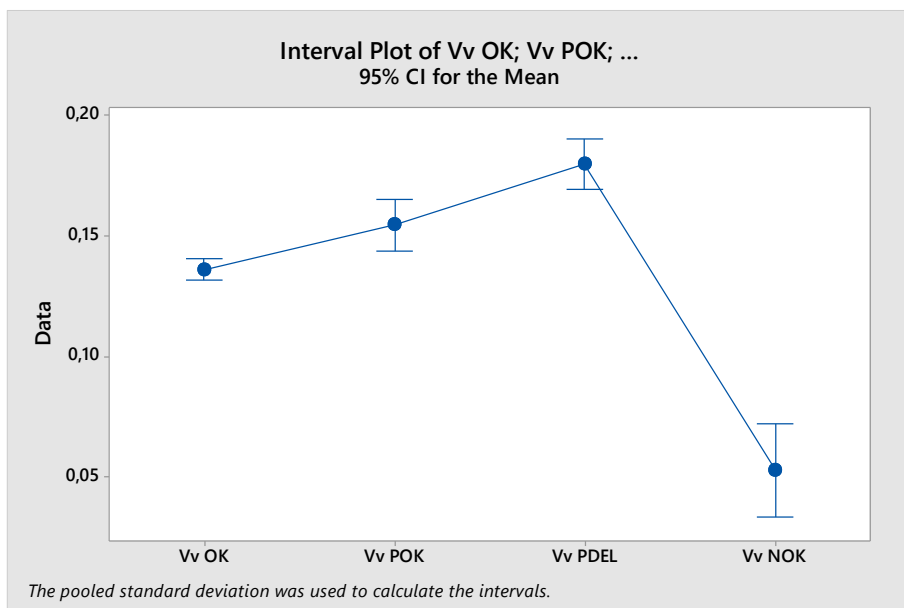
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	3	0,04219	0,014064	49,86	0,000
Error	78	0,02200	0,000282		
Total	81	0,06419			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0167948	65,73%	64,41%	61,67%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
Vv OK	59	0,13615	0,01661	(0,13180; 0,14050)
Vv POK	10	0,15462	0,01154	(0,14404; 0,16519)
Vv PDEL	10	0,18024	0,02151	(0,16966; 0,19081)
Vv NOK	3	0,0524	0,0178	(0,0331; 0,0717)



Obr. G2) Výstup ANOVy pre parameter prázdny objem (Vv).

PRÍLOHA H – VÝSTUPY Z LEVENOVEJ ANALÝZY ROZPTYLOV A ANALÝZA ANOVA PRE PARAMETRE VÝŠKY

V prílohe H sú uvedené výstupy z Levenovho testu o zhodnosti rozptylov a z analýzy ANOVA pre parametre výšky - maximálna hĺbka diery a maximálna hĺbka dna (Sv).

Levenov test o zhodnosti rozptylov pre parameter maximálna hĺbka diery. P hodnota je 0,151, v preto nezamietam hypotézu, že rozptyly sú zhodné na hladine významnosti 0,05.

Test for Equal Variances: Hole Max. de; Hole Max. de; Hole Max. de; Hole Max. de

Method

Null hypothesis All variances are equal
Alternative hypothesis At least one variance is different
Significance level $\alpha = 0,05$

95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations

	Sample	N	StDev	CI
Hole Max. depth/height OK	59	0,0508092	(0,0422740; 0,064)	
Hole Max. depth/height POK	10	0,0271269	(0,0132158; 0,074)	
Hole Max. depth/height PDEL	10	0,0507694	(0,0119742; 0,287)	
Hole Max. depth/height NOK	3	0,0676124	(0,0002587; 105,553)	

Individual confidence level = 98,75%

Tests

Method	Test Statistic	P-Value
Multiple comparisons	—	*
Levene	1,82	0,151

* NOTE * The graphical summary cannot be displayed because the multiple comparison intervals cannot be calculated.

Analýza ANOVA testujúca zhodnosť priemerných hodnôt pre parameter maximálna hĺbka diery. P hodnota je 0,000, v preto zamietam hypotézu, že priemerné hodnoty sú zhodné na hladine významnosti 0,05.

One-way ANOVA: Hole Max. depth/; Hole Max. depth/; Hole Max. depth/; Hole Max. depth/

Method

Null hypothesis All means are equal
Alternative hypothesis At least one mean is different
Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor Levels Values
Factor 4 Hole Max. depth/height OK; Hole Max. depth/height POK; Hole Max. depth/height PDEL; Hole Max. depth/height NOK

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	3	0,2308	0,076947	31,81	0,000
Error	78	0,1887	0,002419		
Total	81	0,4195			

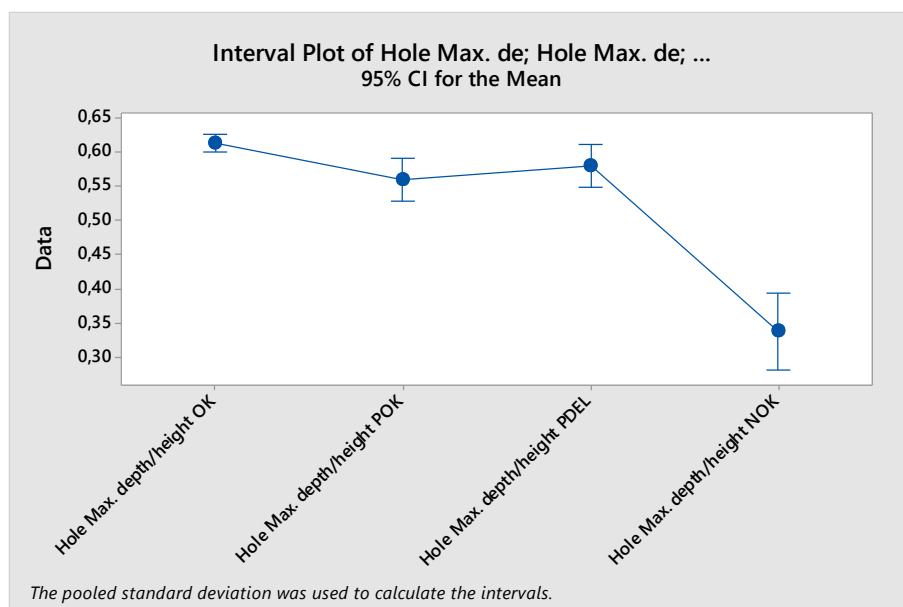
Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0491850	55,02%	53,29%	49,39%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
Hole Max. depth/height OK	59	0,61203	0,05081	(0,59928; 0,62478)
Hole Max. depth/height POK	10	0,55903	0,02713	(0,52807; 0,59000)
Hole Max. depth/height PDEL	10	0,5797	0,0508	(0,5487; 0,6107)
Hole Max. depth/height NOK	3	0,3372	0,0676	(0,2806; 0,3937)

Pooled StDev = 0,0491850



Obr. H1) Výstup ANOVy pre parameter maximálna hĺbka diery.

Levenov test o zhodnosti rozptylov pre parameter maximálna hĺbka dna (Sv). P hodnota je 0,054, v preto nezamietam hypotézu, že rozptyly sú zhodné na hladine významnosti 0,05.

Test for Equal Variances: Sv OK; Sv POK; Sv PDEL; Sv NOK

Method

Null hypothesis	All variances are equal
Alternative hypothesis	At least one variance is different
Significance level	$\alpha = 0,05$

95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations

Sample	N	StDev	CI
Sv OK	59	0,0353822	(0,0292027; 0,0448)
Sv POK	10	0,0162283	(0,0074788; 0,0469)
Sv PDEL	10	0,0304821	(0,0067596; 0,1832)
Sv NOK	3	0,0507986	(0,0001943; 79,3040)

Individual confidence level = 98,75%

Tests

Method	Test Statistic	P-Value
Multiple comparisons	—	*
Levene	2,66	0,054

* NOTE * The graphical summary cannot be displayed because the multiple comparison intervals cannot be calculated.

Analýza ANOVA testujúca zhodnosť priemerných hodnôt pre parameter maximálna hĺbka dna (Sv). P hodnota je 0,000, v preto zamietam hypotézu, že priemerné hodnoty sú zhodné na hladine významnosti 0,05.

One-way ANOVA: Sv OK; Sv POK; Sv PDEL; Sv NOK

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	4	Sv OK; Sv POK; Sv PDEL; Sv NOK

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	3	0,15731	0,052436	46,21	0,000
Error	78	0,08850	0,001135		
Total	81	0,24581			

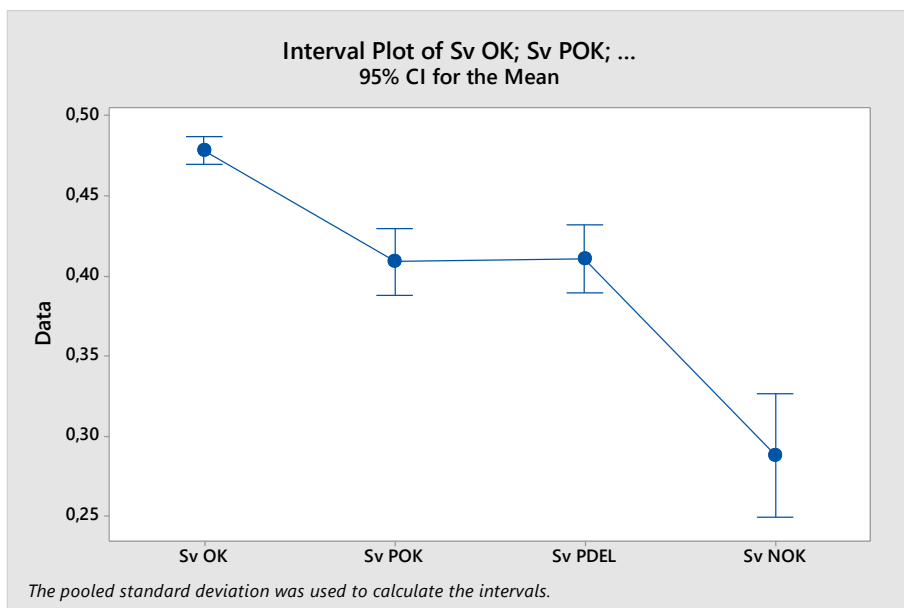
Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0336848	64,00%	62,61%	59,32%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
Sv OK	59	0,47848	0,03538	(0,46975; 0,48721)
Sv POK	10	0,40891	0,01623	(0,38770; 0,43012)
Sv PDEL	10	0,41070	0,03048	(0,38950; 0,43191)
Sv NOK	3	0,2878	0,0508	(0,2490; 0,3265)

Pooled StDev = 0,0336848



Obr. H2) Výstup ANOVy pre parameter maximálna hĺbka dna (Sv).

PRÍLOHA I – VÝSTUPY Z LEVENOVEJ ANALÝZY ROZPTYLOV A ANALÝZA ANOVA PRE PARAMETER POLOHY

V prílohe I sú uvedené výstupy z Levenovho testu o zhodnosti rozptylov a z analýzy ANOVA pre parameter polohy - výškový rozdiel medzi rovinou dna nábojnice a rovinou zápalky.

Levenov test o zhodnosti rozptylov pre parameter výškový rozdiel medzi rovinou dna nábojnice a rovinou zápalky. P hodnota je 0,044, v preto zamietam hypotézu, že rozptyly sú zhodné na hladine významnosti 0,05.

Test for Equal Variances: Zmean(2) - Z; Zmean(2) - Z; Zmean(2) - Z; Zmean(2) - Z

Method
Null hypothesis All variances are equal
Alternative hypothesis At least one variance is different
Significance level $\alpha = 0,05$

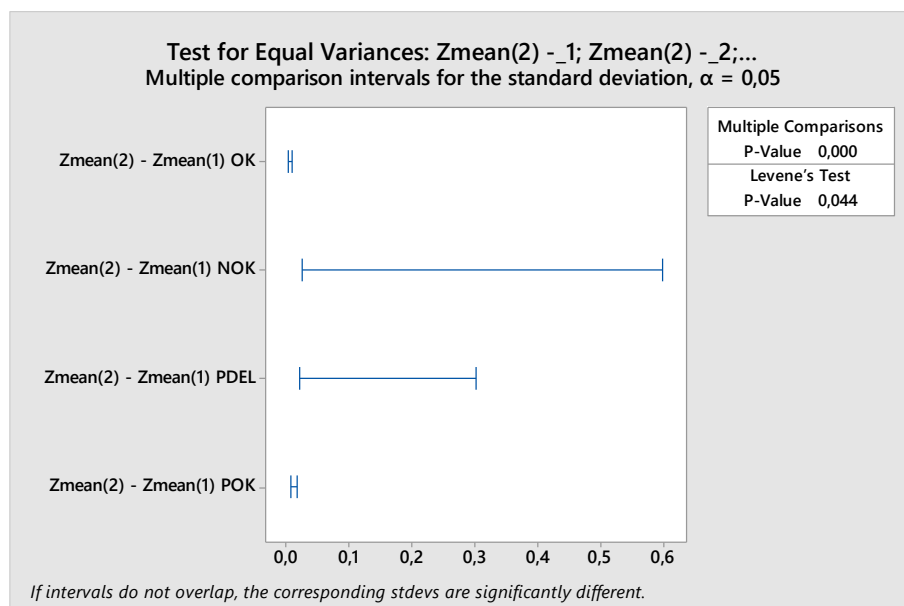
95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations

	Sample	N	StDev	CI
Zmean(2) - Zmean(1) OK	10	0,0044925	(0,0027615; 0,0097)	
Zmean(2) - Zmean(1) NOK	3	0,0471607	(0,0001804; 73,6249)	
Zmean(2) - Zmean(1) PDEL	10	0,0687338	(0,0215252; 0,2925)	
Zmean(2) - Zmean(1) POK	10	0,0093738	(0,0062180; 0,0188)	

Individual confidence level = 98,75%

Tests

Method	Test	Statistic	P-Value
Multiple comparisons	—	—	0,000
Levene	3,05	—	0,044



Obr. I1) Výstup Levenovho testu pre parameter výškový rozdiel medzi rovinou dna nábojnice a rovinou zápalky.

Analýza ANOVA testujúca zhodnosť priemerných hodnôt pre parameter výškový rozdiel medzi rovinou dna nábojnice a rovinou zápalky. P hodnota je 0,010, preto zamietam hypotézu, že priemerné hodnoty sú zhodné na hladine významnosti 0,05.

One-way ANOVA: Zmean(2) - Zmean; Zmean(2) - Zmean; Zmean(2) - Zmean; Zmean(2) - Zmean

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were not assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	4	Zmean(2) - Zmean(1) OK; Zmean(2) - Zmean(1) NOK; Zmean(2) - Zmean(1) PDEL;
Zmean(1)	PDEL;	Zmean(2) - Zmean(1) POK

Welch's Test

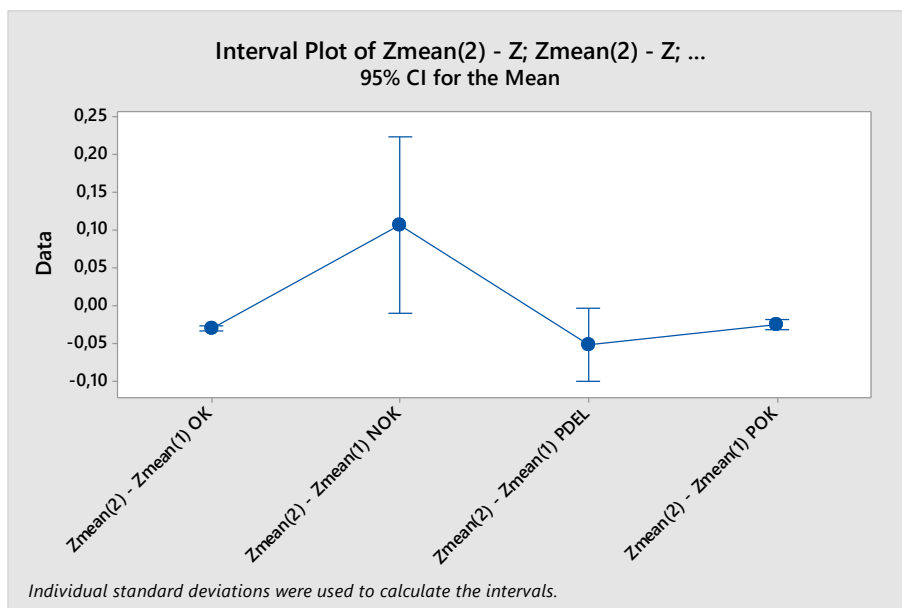
Source	DF	Num	DF Den	F-Value	P-Value
Factor	3	7,28983	8,03	0,010	

Model Summary

R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
55,24%	50,61%	40,52%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
Zmean(2) - Zmean(1) OK	10	-0,03163	0,00449	(-0,03485; -0,02842)
Zmean(2) - Zmean(1) NOK	3	0,1054	0,0472	(-0,0118; 0,2225)
Zmean(2) - Zmean(1) PDEL	10	-0,0528	0,0687	(-0,1020; -0,0037)
Zmean(2) - Zmean(1) POK	10	-0,02642	0,00937	(-0,03312; -0,01971)



Obr. I2) Výstup ANOVy pre parameter výškový rozdiel medzi rovinou dna nábojnice a rovinou zápalky.

PRÍLOHA J – VÝSTUPY Z REGRESNEJ ANALÝZY PRE PARAMETRE OBJEMU

V prílohe J sú uvedené výstupy z regresnej analýzy skúmajúcej vzťah medzi závislými premennými - objemom diery a prázdny objemom (Vv).

Použitý bol lineárny regresný model bez konštanty. Regresná funkcia platí s koeficientom determinácie 99,69% pre koeficient 5,93.

Regression Analysis: Hole-Volume (mm3) versus Vv - Prázdny objem (p = 10%) (mm)

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	59,3275	59,3275	219056,63	0,000
Vv - Prázdny objem (p = 10%) (m	1	59,3275	59,3275	219056,63	0,000
Error	81	0,0219	0,0003		
Total	82	59,3494			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0164570	99,96%	99,96%	99,96%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Vv - Prázdny objem (p = 10%) (m	5,9287	0,0127	468,03	0,000	1,00

Regression Equation

Hole-Volume (mm3) = 5,9287 Vv - Prázdny objem (p = 10%) (m

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	Hole-Volume (mm3)	Fit	Resid	Std Resid	
64	1,16715	1,22166	-0,05450	-3,35	R
65	1,06129	1,09394	-0,03265	-2,00	R
66	0,99153	1,02640	-0,03487	-2,14	R
67	1,04250	1,09355	-0,05105	-3,13	R
68	1,03905	1,09432	-0,05527	-3,39	R
69	0,70265	0,73585	-0,03320	-2,03	R
70	1,02523	1,06047	-0,03524	-2,16	R
72	1,09073	1,13086	-0,04013	-2,47	R

R Large residual

PRÍLOHA K – VÝSTUPY Z REGRESNEJ ANALÝZY PRE PARAMETRE VÝŠKY

V prílohe K sú uvedené výstupy z regresnej analýzy skúmajúcej vzťah medzi závislými premennými - maximálna hĺbka diery a maximálna hĺbka dna (Sv).

Použitý bol lineárny regresný model bez konštanty. Regresná funkcia platí s koeficientom determinácie 99,85% pre koeficient 1,29.

Regression Analysis: Hole-Max. depth/height (mm) versus Sv (mm)

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	29,0714	29,0714	53158,85	0,000
Sv (mm)	1	29,0714	29,0714	53158,85	0,000
Error	81	0,0443	0,0005		
Total	82	29,1157			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0233854	99,85%	99,85%	99,84%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Sv (mm)	1,29994	0,00564	230,56	0,000	1,00

Regression Equation

Hole-Max. depth/height (mm) = 1,29994 Sv (mm)

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	Hole-Max. depth/height (mm)	Fit	Resid	Std Resid	
63	0,61022	0,55714	0,05309	2,28	R
64	0,62641	0,56197	0,06444	2,77	R
65	0,59083	0,54082	0,05001	2,15	R
67	0,58192	0,53476	0,04716	2,03	R
71	0,60177	0,55396	0,04781	2,06	R
72	0,60718	0,55974	0,04744	2,04	R

R Large residual